UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇAO EM AGRONEGÓCIO
MESTRADO

KARINE DINIZ XAVIER

HEDGE COM DIVERSIFICAÇÃO DE ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS

GOIÂNIA
GOIÁS – BRASIL
2013

KARINE DINIZ XAVIER

HEDGE COM DIVERSIFICAÇÃO DE ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio – PPAGRO da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás – EA/UFG, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronegócio.

Área de concentração: Sustentabilidade e Competitividade dos Sistemas Agroindustriais.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Santana Figueiredo.

GOIÂNIA
GOIÁS – BRASIL
2013

A Deus pelas grandes oportunidades e bênçãos.

Ao Moisés por tanto amor e companheirismo.

À mamãe e Ninina pelo apoio e orações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas grandes oportunidades que esse novo desafio me proporcionou. Sou grata por Ele estar sempre ao meu lado, me amparando, me abençoando e me motivando a enfrentar as barreiras impostas pela vida que só me fizeram crescer.

Ao grande mestre Prof. Reginaldo, que compartilhou comigo sua imensa sabedoria em todos os momentos em que precisei. Sou muito grata pelos ensinamentos, atenção, paciência e motivação que me fizeram crescer e querer melhorar a cada dia.

Agradeço à grande amiga Kellen, um anjo que Deus colocou na minha vida que esteve sempre por perto me estendendo a mão.

Agradeço à minha mãe e minha irmã pelas constantes orações, pela torcida e pela compreensão da minha vontade de ir mais longe.

Agradeço ao Moisés pelo amor, companheirismo, força e paciência que foram essenciais para todas as grandes conquistas da minha vida.

Sou grata aos queridos amigos que, verdadeiramente, torceram pelo meu sucesso, em especial Dinamar, Cassiomar, Gislene, Robertta e Maycon, pela acolhida, atenção e carinho na minha chegada.

Aos grandes professores do Programa de Pós Graduação em Agronegócio (Prof. Alcido, Prof. Cleyzer, Prof^{a}. Eliane, Prof. Fausto, Prof^{a}. Francis, Prof. Luiz Manoel e Prof^{a}. Sônia) pelos ensinamentos, ao Visconde pelo apoio, à Escola de Agronomia pela acolhida e à UFG pelas oportunidades.

Ao Prof. Luciano Muniz, ao Dr. Carlos Magri e ao Dr. Tarcísio Cobucci, o meu muito obrigada pela atenção, disponibilidade e pelas grandes contribuições para a realização dessa pesquisa.

RESUMO

Este estudo apresenta um instrumento para produtores rurais e usuários em geral para mitigação do risco no mercado agropecuário. Tal instrumento se refere a uma tabela com diferentes portfólios compostos por diferentes atividades agropecuárias, acompanhados de seu risco e retorno operacional mensal, além das alocações ótimas dos recursos financeiros e da área da propriedade rural para cada atividade. Para isso, primeiramente foram selecionadas oito atividades agropecuárias de relevância econômica para o Estado de Goiás (algodão, arroz, bovinocultura de corte, feijão, milho, soja, sorgo e tomate) e levantadas as séries temporais de preços médios mensais recebidos pelo produtor, junto à Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, e as séries temporais de custos operacionais por hectare, junto à Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás - Faeg. Posteriormente foram calculados os retornos operacionais de cada atividade relacionada e verificada a estacionariedade da série de retornos. Confirmada a estacionariedade das séries temporais, foram analisadas as volatilidades das séries de retornos de cada atividade. Logo após, calculou-se a matriz de correlação entre os retornos das atividades em estudo e o modelo de programação linear, que possui como função objetivo a equação proposta por Markowitz (1952) que visa minimizar o risco de um portfólio. Os resultados oferecem portfólios com a combinação de duas, três, quatro, cinco e seis atividades agropecuárias. Foi possível verificar que o Portfólio 1, composto pelas atividades milho e soja, apresentou maior nível de retorno operacional mensal, 15,70%, para um risco de 2,79%. O Portfólio 6, formado pelas atividades tomate e bovinocultura de corte, oferece o menor nível de risco quando comparado aos outros portfólios, 0,35%, para um retorno operacional mensal de 3,33%. A escolha do melhor portfólio é feita pelo usuário levando em consideração o nível de risco que ele está disposto a enfrentar. Também foi possível verificar que a diversificação permite a significativa redução do risco não – sistêmico até certa quantidade limite de atividades agropecuárias no portfólio. As Fronteiras Eficientes apresentam cada combinação de risco e retorno que perfazem o portfólio, além de oferecem as alocações ótimas de recursos (terra e capital).

Palavras – chave: Fronteiras eficientes, portfólios, retorno operacional, risco

ABSTRACT

This study presents an instrument for farmers and general users to mitigate the risk on the agricultural market. Such instrument refers to different portfolios from a table composed of several agricultural activities. These portfolios are accompanied by its risk and monthly operating payback, along with optimal allocation of its financial resources and the area of rural property for each activity. Whence, eight agricultural activities economically relevant to the State of Goiás were primarily selected (cotton, rice, beef cattle, bean, corn, soybean, sorghum and tomato) and the monthly medium prices series received by farmers were researched at the Companhia Nacional de Abastecimento – Conab. Also, the series of operational costs per hectare were collected from the Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás – Faeg. Posteriorly, the operating payback of each related activity was calculated and checked the stationarity of the payback series. After confirmed the stationarity of the time series, the volatility of the payback series from each activity was analyzed. Then was calculated the matrix of correlation between the activities payback on the study and the model of linear programming, which has the equation proposed by Markowitz (1952) as objective function in order to minimize the portfolio risk. The results show portfolios with combinations of two, three, four, five and six agricultural activities. It was possible to check that Portfolio 1, composed by corn and soybean activities, showed greater level of monthly operational payback, 15.70%, to a risk of 2.79%. The Portfolio 6, composed by tomato and beef cattle activities, offer a minor level of risk when compared to other portfolios, 0.35%, to a monthly operational payback of 3.33%. The choice of the best portfolio is done when the user takes into account the level of risk which he or she is able to face. It was also possible to check that the activity diversification promotes the reduction of the non-systemic risk until a certain limit amount of agricultural activities in the portfolio. The Efficient Frontiers showed each combination of risk and payback that makes up the portfolio, further offering great resource allocations (land and capital).

Key-words: Efficient frontiers, portfolios, operational payback, risk

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Participação do agronegócio no PIB brasileiro - 2000 a 2011 7

Figura 2: Participação das culturas em estudo na agricultura goiana - 2011 8

Figura 3: Participação dos produtos pecuários do Estado de Goiás 17

Figura 4: Diversificação e Risco de uma Carteira 26

Figura 5: Correlação positiva entre dois ativos 28

Figura 6: Correlação negativa entre dois ativos 28

Figura 7: Fronteira Eficiente..... 32

Figura 8: Etapas metodológicas desenvolvidas na pesquisa 35

Figura 9: Nível de Risco e Retorno Operacional dos Portfólios propostos..... 58

Figura 10: Limites da diversificação 60

Figura 11: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 1. 61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estado de Goiás: Utilização das terras e área destinadas à agropecuária - 2006 9

Tabela 2: Retornos operacionais médios mensais, Riscos e Coeficientes de Variação de cada atividade agropecuária em estudo 46

Tabela 3: Resultados dos testes de estacionariedade Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin para os retornos operacionais mensais do algodão, arroz, bovinocultura de corte, feijão, milho, soja, sorgo e tomate no Estado de Goiás no período de dezembro de 2008 a maio de 2012..... 47

Tabela 4: Resultados dos testes de estacionariedade Phillps - Perron para os retornos operacionais mensais do algodão, arroz, bovinocultura de corte, feijão, milho, soja, sorgo e tomate no Estado de Goiás no período de dezembro de 2008 a maio de 2012.. 47

Tabela 5: Matriz de correlação entre os retornos operacionais mensais das atividades selecionadas para o estudo..... 49

Tabela 6: Composição dos Portfólios..... 54

Tabela 7: Limite Inferior e Limite Superior do Retorno 59

Tabela 8: Potenciais e limites da diversificação..... 60

Tabela 9: Níveis de Risco e Retorno Operacional que compõem 62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estado de Goiás: Resumo das características das atividades agropecuárias selecionadas para o estudo – 2010..... 18

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes

BASF - *Badische Anilin und Soda-Fabrik*

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

CICB - Centro das Indústrias de Curtumes do Brasil

COE - Custo Operacional Efetivo

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

CV - Coeficiente de Variação

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAEG - Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IMB - Instituto Mauro Borges

IGP - DI - Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna

ILP - Integração Lavoura Pecuária

IPCA- Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

KPSS - *Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin*

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MCR - Manual de Crédito Rural

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

OECD - *Organisation for Economic Co-operation and Development*

PGPM - Política de Garantia de Preços Mínimos

PIB - Produto Interno Bruto

PL - Programação Linear

PE - Ponto de Equilíbrio

PP - *Phillips-Perron*

SEGPLAN - Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento - GO

SUMÁRIO

Página

LISTA DE ILUSTRAÇÕES vii
LISTA DE TABELAS viii
LISTA DE QUADROS ix
1. INTRODUÇÃO 1
1.1 Problema de pesquisa 3
1.2 Objetivos 3
1.2.1 Geral 3
1.2.2 Específicos 3
ESTRUTURA DO TRABALHO 5
2. CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA DO ESTADO DE GOIÁS 6
2.1 Caracterização da cultura do algodão no Estado de Goiás 9
2.2 Caracterização da cultura do arroz no Estado de Goiás 10
2.3 Caracterização da cultura do feijão no Estado de Goiás 11
2.4 Caracterização da cultura do milho no Estado de Goiás 12
2.5 Caracterização da cultura da soja no Estado de Goiás 13
2.6 Caracterização da cultura do sorgo no Estado de Goiás 13
2.7 Caracterização da cultura do tomate no Estado de Goiás 14
2.8 Caracterização da bovinocultura de corte no Estado de Goiás 15
3. REFERENCIAL TEÓRICO 19
3.1 Risco 19
3.2 Mecanismos de proteção contra o risco na agropecuária 20
3.3 Comercialização agrícola e tipos de mercado 22
3.3.1 Mercado físico 22
3.3.2 Mercado a termo 23
3.3.3 Mercado futuro 23
3.3.4 Mercado de opções 24
3.4 Risco e Retorno Esperado de um Portfólio 25
3.5 A Teoria do Portfólio de Harry Markowitz 29
3.6 Fronteira Eficiente 31
3.7 Estacionariedade de séries temporais 32
4. METODOLOGIA 35

4.1 Etapas metodológicas 35
4.2 Fonte de dados 36
4.3 Cálculo do Retorno Operacional e do Risco de cada atividade 38
4.4 Testes de estacionariedade 39
4.5 Volatilidades das séries temporais 40
4.6 Cálculo da Matriz de Correlação 41
4.7 Programação Linear 42
4.8 Formação dos Portfólios 43
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 43
5.1 Retorno Operacional e Risco das atividades agropecuárias 43
5.2 Testes de estacionariedade das séries temporais 46
5.3 Cálculo da Matriz de Correlação 48
5.4 Desenvolvimento do Modelo de Programação Linear 49
5.5 Número de possíveis combinações de atividades agropecuárias 52
5.6 Apresentação dos Portfólios 53
5.7 Fronteiras Eficientes 61
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS PARA NOVOS ESTUDOS 63
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 64
8. APÊNDICE 72
9. ANEXO 95

1. INTRODUÇÃO

O constante aumento da demanda por alimentos, causado pelo expressivo crescimento da população mundial, além da emergência em manter e recuperar os recursos naturais podem ser considerados alguns dos grandes desafios do planeta. O aumento populacional frente à quantidade fixa de terras agricultáveis, grande parte degradada, é um paradoxo que exige pesquisas e mecanismos que efetivamente aumentem a eficiência no uso da terra e garantam a sustentabilidade ambiental.

Segundo dados da *Organisation for Economic Co-operation and Development* - OECD (2011), em 2050 haverá cerca de 9,3 bilhões de pessoas no mundo, ou seja, quando comparada à conjuntura atual, que corresponde a uma população de sete bilhões de pessoas, haverá um aumento de quase 30%.

Frente a este cenário questiona-se: Quem alimentará o mundo? Nos próximos dez anos, a produção de alimentos deverá crescer 20% a fim de atender a demanda mundial. Neste panorama, a União Europeia deverá contribuir com 4% de aumento em sua produção atual de alimentos, a Austrália com 7%, os Estados Unidos e o Canadá com 15%, a Rússia e a China com 26% e o Brasil com 40%, ou seja, segundo a OECD (2011), o Brasil deverá avançar o dobro do crescimento dos demais países na produção de alimentos, portanto, existe grande expectativa sobre a agropecuária do país.

Meadows et al. (1972) questionaram o que seria necessário para manter o crescimento da economia e da população mundial e descreveram uma lista de componentes que consideram imprescindíveis para esta manutenção como água, metais, florestas e, principalmente, terras agricultáveis. Segundo os autores, se o crescimento da população continuasse de maneira exponencial dentro de um espaço limitado, haveria um momento em que o solo seria escasso e o preço dos alimentos aumentaria progressivamente de modo que muitas pessoas poderiam morrer de fome.

A realidade que se observa hoje é que, em um período de 40 anos, 1970 a 2010, a população mundial dobrou, a área de terras cultivadas não aumentou nesta mesma proporção e ainda é possível o acesso aos alimentos. Isto, graças às constantes inovações tecnológicas ocorridas na agricultura que, devido ao aumento da eficiência na produção e consequente aumento da produtividade, possibilitaram e ainda possibilitam o fornecimento de alimentos em todas as partes do mundo (BASF, 2010).

A revolução verde que se iniciou na década de 1960 e ainda instiga a agricultura brasileira, permitiu que o país passasse de importador para um dos maiores exportadores de alimentos do mundo. No período de 1975 a 2010 a área plantada de grãos e oleaginosas aumentou 27%, enquanto a produção aumentou 213%. Em uma área onde se produzia alimentos para 19 pessoas hoje se produz para 155, e, ao contrário do que se esperava em Meadows et al. (1972), houve significativa queda no preço da cesta básica (BASF, 2010).

A produção de alimentos está garantida sob o aspecto tecnológico, porém, o abastecimento de alimentos pode ser ameaçado se o produtor rural obtiver prejuízos financeiros devido ao fato de que as atividades agropecuárias são atividades de alto risco (MOREIRA et al., 2011).

O risco pode ser entendido como a perda potencial que um negócio pode vir a sofrer devido à ocorrência de eventos desfavoráveis (KIMURA, 1998). As atividades agropecuárias são sensíveis a fatores como condições edafoclimáticas (solo e clima), pragas e doenças, políticas governamentais, concorrências e preferências do consumidor os quais, muitas vezes, são fatores incontroláveis pelo produtor rural.

Para amenizar este risco, o produtor rural pode fazer uso de diversos mecanismos para se beneficiar de um resultado da produção mais seguro como: comercializar seus produtos nos diferentes tipos de mercados (mercado a termo, mercado de opções, mercado futuro), formalizar contratos com agroindústrias, adquirir o seguro agrícola ou desenvolver *hedge* por meio da combinação de diferentes atividades agropecuárias, de acordo com o que se propõe nesse estudo.

A alternativa proposta nesta pesquisa utiliza o termo "*hedge*" no sentido amplo da palavra, que traz o significado de "proteção". Deste modo, a pesquisa traz a exposição de uma tabela que apresenta ao produtor rural e usuários em geral, diferentes possibilidades de combinações de atividades agropecuárias com seus respectivos riscos e retornos operacionais mensais. Este instrumento também auxilia o produtor na alocação dos recursos disponíveis (terra e capital) em cada uma das alternativas disponibilizadas.

O procedimento utilizado neste estudo é comumente utilizado no mercado financeiro no qual é empregada como princípio básico a diversificação para redução do risco de uma carteira de investimentos (CARVALHO et al., 2012). Portanto, dado o princípio de Markowitz (1952), é possível desenvolver *hedge* por meio da combinação de diferentes atividades agropecuárias.

1.1 Problema de pesquisa

Dada a grande incerteza que envolve a produção agropecuária, a utilização de técnicas que auxiliem o produtor rural na tomada de decisão quanto ao binômio risco - retorno de seus investimentos são de extrema importância. Assim, esta pesquisa se propôs a responder:

Como desenvolver *hedge* por meio da diversificação de atividades agropecuárias?

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Desenvolver alternativas de *hedge* por meio da diversificação de atividades agropecuárias, baseado no modelo de Harry Markowitz (1952), como um instrumento de apoio à tomada de decisão do agropecuarista.

1.2.2 Específicos

a) Calcular os retornos operacionais de cada atividade agropecuária;
b) Analisar a estacionariedade das séries temporais de retornos operacionais de cada atividade agropecuária;
c) Obter e analisar as volatilidades históricas dos retornos operacionais de cada atividade agropecuária;
d) Analisar as correlações entre os retornos operacionais das diversas atividades agropecuárias;
e) Determinar diferentes portfólios (produção conjunta) de atividades agropecuárias;
f) Elaborar um modelo e suas restrições;
g) Avaliar o binômio risco-retorno esperado associado a cada portfólio;
h) Dispor uma tabela com diferentes portfólios e seus respectivos riscos e retornos operacionais.

Dado a localização da realização da pesquisa, o Estado de Goiás, bem como a disponibilidade de dados, o estudo se baseou em atividades agropecuárias do mesmo. Estas atividades são comumente encontradas nas outras unidades da federação permitindo que o estudo possa ser aplicado a outras realidades.

O Estado de Goiás tem grande destaque na agropecuária nacional. Isto se deve às suas várias características favoráveis a seu bom desempenho, como boas condições geomorfológicas, proximidade a grandes centros consumidores, abundância em recursos hídricos, investimentos em pesquisas, grande aparato tecnológico, incentivos fiscais, entre outros. Por ser beneficiado com tantos aspectos positivos para o desenvolvimento de seu agronegócio, o Estado deve acompanhar as tendências de produção viável economicamente e ecologicamente para não perder competitividade no cenário nacional e internacional.

Para a realização desse trabalho foram selecionadas atividades agropecuárias que se destacam no agronegócio goiano quanto à função econômica e social. Estas atividades geram emprego e renda para milhares de produtores e trabalhadores rurais, contribuem significativamente na composição do PIB do Estado, além de gerarem divisas para o país. As atividades selecionadas para o estudo foram: algodão, arroz, bovinocultura de corte, feijão, milho, soja, sorgo e tomate.

É importante ressaltar a grande importância da produção de leite, cana-de-açúcar, carne de frango e suína, entre outros produtos agropecuários para a economia do Estado de Goiás, porém, devido à carência de dados bem como a especificidade de alguns sistemas de produção, como o sistema de integração na produção de frango e suínos, que as atividades correspondentes a esses produtos não foram selecionadas para o presente estudo.

No próximo capítulo tem-se uma exposição sobre o agronegócio nacional e uma breve caracterização do agronegócio goiano. Esta caracterização se dá pela descrição da cadeia produtiva das oito atividades consideradas no presente estudo, as quais compõem o conjunto das mais relevantes atividades agropecuárias do Estado de Goiás quanto ao volume de produção, segundo dados do IBGE (2013).

Esta caracterização expõe a área ocupada com a atividade no Estado, seu volume produzido, sua produtividade, bem como o posicionamento de Goiás no *ranking* dos Estados produtores no ano de 2011. Esta análise se faz necessária para o entendimento da escolha de tais atividades para a presente pesquisa.

ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente estudo se divide em seis capítulos estruturados da seguinte maneira: 1. Introdução; 2. Caracterização da produção agropecuária do Estado de Goiás; 3. Referencial Teórico; 4. Metodologia; 5. Resultados e discussão e 6. Considerações finais e propostas para novos estudos.

A priori, no capítulo um, foi desenvolvida uma contextualização do tema central da pesquisa e sua interação com a conjuntura na qual ele se insere. Neste capítulo são apresentados o problema, os objetivos geral e específicos e a justificativa para o desenvolvimento do trabalho, bem como sua relevância para o principal usuário ao qual este se destina: o produtor rural.

No capítulo dois é feita uma breve caracterização da produção agropecuária do Estado de Goiás e das cadeias produtivas das oito atividades selecionadas para o estudo (algodão, arroz, bovinocultura de corte, feijão, milho, soja, sorgo e tomate). Esta caracterização se faz necessária para esclarecimento da escolha de tais atividades.

O capítulo três é composto pelo Referencial Teórico que apresenta os principais temas e autores que deram embasamento para o desenvolvimento desta pesquisa. Este capítulo se divide em: Risco; Mecanismos de proteção contra o risco na agropecuária; Comercialização agrícola e tipos de mercado; Risco e retorno esperado de um portfólio; A Teoria do Portfólio de Harry Markowitz; Fronteira Eficiente e Estacionariedade de séries temporais.

No capítulo quatro são elencadas todas as etapas metodológicas realizadas para o alcance dos objetivos da pesquisa e obtenção dos resultados. Neste capítulo estão a fonte de dados, o desenvolvimento do modelo de programação linear, os testes estatísticos realizados, as equações utilizadas e todos os demais mecanismos necessários para concretização dos resultados.

A apresentação dos resultados alcançados por meio da execução das etapas metodológicas, bem como as análises da implicação deste estudo, se encontram no capítulo cinco. Neste capítulo é apresentada a tabela com os portfólios desenvolvidos e suas fronteiras eficientes, principal instrumento desse estudo.

Por fim, no capítulo seis são feitas as considerações gerais acerca do trabalho e algumas propostas para novos estudos que poderão ser desenvolvidos a respeito do tema e evoluir o que foi proposto para novos sistemas.

2. CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA DO ESTADO DE GOIÁS

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2013), o Brasil é um dos principais países que abastecem o mundo. Por possuir terras férteis e clima favorável, além da crescente demanda mundial por alimentos e por produtos agropecuários de qualidade, o país é peça chave do comércio globalizado. No final dos anos 1990, o país impulsionou seu desempenho na agropecuária tornando-se um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos como café, açúcar, etanol e suco de laranja e hoje lidera o *ranking* das exportações do complexo de soja, o qual é o principal gerador de divisas cambiais.

Em 2010, um entre quatro produtos do agronegócio em circulação no comércio internacional eram provenientes do Brasil. Até 2030 há projeções que 30% dos produtos comercializados no mundo sejam brasileiros, devido à crescente demanda dos países asiáticos. Todos estes fatores fazem do agronegócio o maior protagonista da economia brasileira (MAPA, 2013).

É evidente a relevância do agronegócio na composição do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. De acordo com dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA (2012), a participação do setor no PIB nacional aumentou de 21,78%, em 2010, para 22,74% em 2011, ou seja, mesmo com a crise financeira internacional de 2009, que causou uma queda de 5,51% no PIB nacional, o setor se recuperou e consolidou seus resultados positivos nos anos posteriores, conforme pode ser observado na Figura 1.

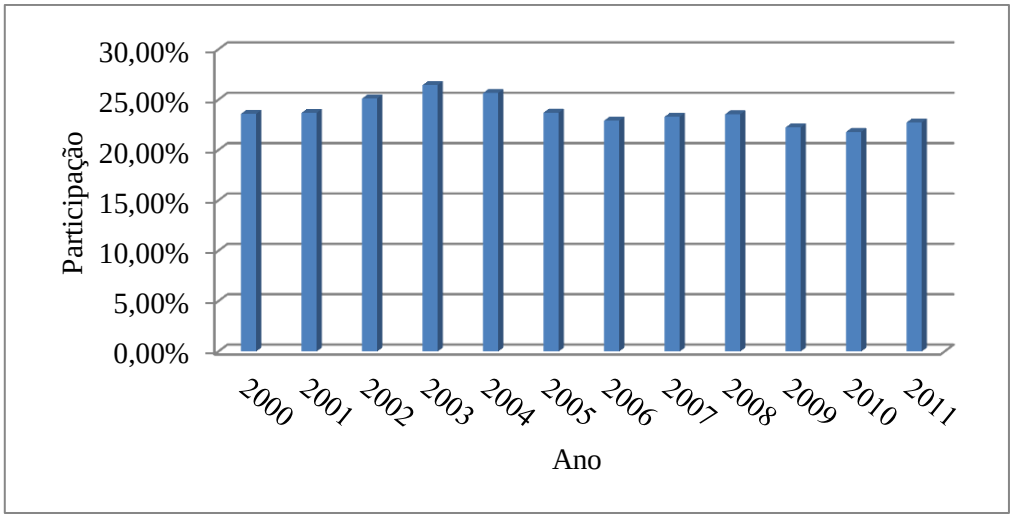

Figura 1: Participação do agronegócio no PIB brasileiro - 2000 a 2011
Fonte de dados: CEPEA, 2012.
Elaborado pelo autor.

A agropecuária sempre apresentou grande relevância na esfera da economia nacional, especialmente no Estado de Goiás. Com o processo de industrialização e inovações tecnológicas, esta atividade econômica tornou-se, de modo geral, um ator coadjuvante no processo de desenvolvimento econômico de Goiás e de todo o país criando empregos, renda e divisas.

Fomentado pelas políticas agrícolas do Governo Federal, o Estado de Goiás iniciou sua expansão na produção agrícola a partir de meados dos anos 1970. Posteriormente, o crédito subsidiado, a fixação de preços mínimos para *commodities* agrícolas, a ampliação da rede de transportes por meio da abertura de estradas, juntamente com o aumento da capacidade armazenadora, viabilizaram a atividade agropecuária. Através do forte aparato técnico e financeiro e da intensificação e difusão tecnológica no cultivo de grãos no Cerrado, a região passou a fazer parte do cenário agrícola nacional (LOPES & CAIXETA, 2000).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013), o Estado de Goiás ocupou 5.029.679 de hectares na safra 2010/2011. Em 2011, o Estado participou com cerca de 10,0% da produção agropecuária nacional e destacou-se como o primeiro produtor de sorgo e tomate do país, o terceiro maior produtor de algodão, o quarto maior produtor de soja e feijão, o quinto maior produtor de milho e o sétimo maior produtor de arroz. Além disso, posiciona-se no quarto lugar no *ranking* da produção pecuária nacional, com um rebanho de mais de 21 milhões de cabeças.

A participação de cada cultura selecionada para o estudo na composição da agricultura de Goiás, referente ao valor da produção total no ano de 2011, em reais (R$), pode ser verificado na Figura 2:

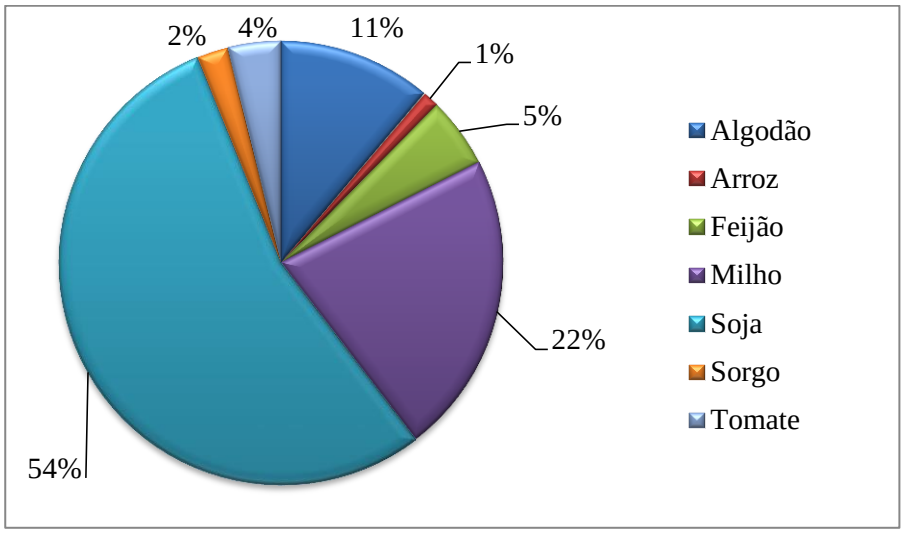

Figura 2: Participação das culturas em estudo na agricultura goiana - 2011
Fonte de dados: IBGE, 2013.
Elaborado pelo autor.

O setor rural do Estado de Goiás se consolidou nessas últimas décadas na produção agrícola e pecuária, diversificou as atividades, incrementou políticas agrícolas, investiu em tecnologia e, consequentemente, aumentou a produtividade. Em 2010, na balança comercial, houve aumento nas exportações dos complexos soja e carnes. Na geração de empregos na agropecuária, o Estado foi recordista entre as unidades da federação com 81.696 postos de trabalhos formais. Goiás também é um dos Estados mais importantes no abastecimento do mercado interno, o qual tem apresentado expansão devido a melhorias nas políticas macroeconômicas (IMB, 2011a).

Na Tabela 1 podem ser observadas a área e a utilização das terras destinadas à agropecuária no Estado de Goiás, segundo dados do Censo Agropecuário de 2006. O que se observa é a significante área de terras e pastagens degradadas (995.728 hectares) e de terras impróprias para a agropecuária (pântanos, areais, pedreiras, etc.) (330.439 hectares), o que reafirma a necessidade do uso de alternativas que possam otimizar a utilização das áreas agricultáveis, recuperar aquelas já degradadas e conservar as áreas florestais.

Tabela 1: Estado de Goiás: Utilização das terras e área destinadas à agropecuária - 2006

Utilização	Área (ha)	(%)
Total	25.683.915	100,0%
Lavouras - permanentes	247.691	1,0%
Lavouras - temporárias	2.971.230	11,6%
Lavouras - área plantada com forrageiras para corte	386.115	1,5%
Lavouras - área para cultivo de flores	1.704	0,0%
Pastagens - naturais	3.133.885	12,2%
Pastagens - plantadas degradadas	951.125	3,7%
Pastagens - plantadas em boas condições	11.624.863	45,3%
Matas e/ou florestas - naturais destinadas à PP ou RL	4.384.474	17,1%
Matas e/ou florestas - naturais	857.682	3,3%
Matas e/ou florestas - florestas plantadas	80.030	0,3%
Sistemas agroflorestais	318.361	1,2%
Área para exploração da aquicultura	76.795	0,3%
Construções, benfeitorias ou caminhos	274.918	1,1%
Terras degradadas	44.603	0,2%
Terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária	330.439	1,3%

Fonte de dados: Censo Agropecuário 2006 – IBGE.
*PP: Preservação Permanente; RL: Reserva Legal.

No próximo tópico tem-se uma breve caracterização de cada atividade agropecuária selecionada para o estudo e um quadro-resumo contendo as principais características destacadas.

2.1 Caracterização da cultura do algodão no Estado de Goiás

O complexo agroindustrial do algodão caracteriza-se pelo alto aproveitamento da matéria-prima para a fabricação de diversos produtos e subprodutos como sementes, óleo, bagaço, farelo e fibra.

Como alternativa para rotação com a soja, os produtores do Centro-Oeste viram no algodão uma nova oportunidade. A segunda metade da década de 1990 significou um marco na migração da cultura do algodoeiro, das áreas tradicionalmente produtoras, como os Estados de São Paulo e Paraná, para o Cerrado brasileiro. O sucesso da cultura do algodoeiro no Cerrado se deu pelas condições de clima favorável, terras planas, que permitem moderna mecanização da lavoura e programas de incentivo à cultura, implementados pelos governos federal e estaduais. O uso intensivo de tecnologias fez

com que o cerrado brasileiro conquistasse as mais altas produtividades na cultura no Brasil e no mundo (RICHETTI et al., 2003).

Segundo dados do IBGE (2013), o Centro-Oeste foi a região que liderou a produção de algodão no Brasil em 2011 com 62,91% da produção nacional, tendo como principal produtor o Estado do Mato Grosso, que apresentou relevante participação no mesmo ano, com 50,19% da produção total do país.

Graças ao maciço investimento em pesquisa e tecnologia na cultura do algodão em Goiás, o Estado apresentou o maior aumento relativo na safra 2010/2011 quando comparado aos outros Estados produtores e foi posicionado como o terceiro maior produtor do país com 180.404 t em 2010. A área plantada aumentou de 56.700 hectares para 106.160 hectares, isto é, houve um crescimento expressivo de 87% da área cultivada (CONAB, 2012).

Apesar de o algodão ser uma matéria-prima com características de *commodity*, comercializada amplamente no mercado internacional, a proteção contra o risco de preço na negociação deste produto é complexa, já que atualmente não há mercado futuro no Brasil para este produto (GOIAZ, 2011). Portanto, a atenção do produtor quanto aos custos de produção e o retorno sobre seu investimento deve ser maior, além da busca de outros mecanismos de proteção contra o risco para a cultura.

Os principais municípios produtores de algodão do Estado de Goiás no ano de 2011, segundo dados do IBGE (2013), foram: Chapadão do Céu (97.224 t), Cristalina (44.325 t), Montividiu (42.543 t), Perolândia (27.882 t) e Paraúna (24.080 t).

2.2 Caracterização da cultura do arroz no Estado de Goiás

Quanto à produção de arroz no Estado de Goiás, apesar do considerável volume produzido de 205.938 toneladas cultivado em 72.176 hectares em 2011, a cultura não é o maior destaque do agronegócio goiano. Goiás é o sétimo maior produtor de arroz do país, seguido do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Mato Grosso, Maranhão, Tocantins e Pará (IBGE, 2013).

Assim como em muitos estados da região sul do país, onde a ocupação da terra para a produção de arroz se deu em propriedades rurais de médio e grande porte, com exceção do estado de Santa Catarina, a ocupação do Cerrado se deu em grandes áreas, por meio de uma agricultura de grãos moderna, altamente tecnificada e integrada a indústrias processadoras. Porém, na região Centro-Oeste, houve tendência de migração

para produtos agrícolas como milho e soja que, supostamente, garantem maior renda por permitirem maior agregação de valor e gerarem produtos e subprodutos que atendem a diversas cadeias produtivas de relevância na região, como a de aves, suínos e bovinos (MENDONÇA & THOMAZ JUNIOR, 2004).

Segundo dados do IBGE (2013), os principais municípios produtores de arroz do Estado de Goiás em 2011 foram: Flores de Goiás (51.085 t), São João d' Aliança (18.318 t), Piracanjuba (7.500 t), Formosa (7.124t) e Uruana (6.000 t).

2.3 Caracterização da cultura do feijão no Estado de Goiás

Segundo Wander (2005) a produção nacional de feijão tem apresentado crescimento devido ao aumento da produtividade por área e melhorias no manejo de pragas e doenças. Apesar da produção de feijão estar concentrada em algumas regiões do Brasil como Paraná, Minas Gerais e Bahia, a leguminosa ainda é cultivada em quase todo o território nacional (IBGE, 2013).

De acordo com Yokoyama et al. (2003), o feijão é reconhecido como cultura de subsistência em pequenas propriedades em todo o país, embora tenha havido, nos últimos anos, crescente interesse de produtores em utilizar maiores áreas e sistemas de produção com tecnologias avançadas, como no Estado de Goiás.

Embora o feijão seja produzido em pequenas propriedades rurais em várias regiões do país, onde ainda se utilizam simples técnicas de produção, no Estado de Goiás a produção se dá em propriedades rurais onde se empregam modernas práticas de produção como sementes selecionadas, sistema de irrigação e colheitas mecanizadas, que proporcionam um aumento na produtividade do grão.

Segundo dados do IBGE (2013), o Brasil é o maior produtor mundial de feijão com produção média de 3,5 milhões de toneladas por ano. Em 2011, o Estado de Goiás foi o maior produtor do Centro-Oeste e o quarto maior produtor do país atrás dos Estados do Paraná, Minas Gerais e Bahia. Com área cultivada de 134.390 hectares e volume de produção de 311.837 t, Goiás participou com 8,71% da produção nacional nesse período.

Em 2011, de acordo com dados do IBGE (2013), os municípios que mais se destacaram na produção de feijão no Estado de Goiás foram: Cristalina (60.840 t), Luziânia (46.800 t), Água Fria de Goiás (20.850 t), Jataí (20.014 t) e Cabeceiras (17.400 t).

2.4 Caracterização da cultura do milho no Estado de Goiás

A produção nacional de milho é de grande relevância econômica para o país já que se trata de um produto que está presente em importantes cadeias produtivas como a de carnes e leite.

O Estado de Goiás se posicionou na quinta colocação entre os maiores produtores de milho do país em 2011, com produção de 5.743.622 toneladas, 960.792 hectares de área plantada e participação de 10,13% na produção nacional. O produto apresentou a maior produtividade média nacional com 160 sacas por hectare para o milho transgênico e 120 sacas por hectare para o milho convencional segundo dados do IBGE (2013).

A produção de milho em Goiás caracteriza-se pela ocupação de grandes extensões de terra para a cultura e pelo alto índice de produtividade do grão. A alta tecnologia empregada pelos produtores, a política de incentivos fiscais do Estado, sua disposição geográfica em relação aos principais mercados consumidores, além da grande verticalização da indústria de carnes, são alguns dos aspectos favoráveis ao sucesso do grão (CALDARELLI & BACCHI, 2010).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento - Conab (2012), o Estado de Goiás processa 58% de sua produção de milho. Do volume total produzido, cerca de 2% são destinados para consumo humano, 9% são destinados à indústria de transformação, 13% são destinados à exportação e 76% são destinados para consumo animal, o que reafirma a importância e a forte relação da cultura com a cadeia produtiva de carnes do Estado.

Um dos fatores que refletem negativamente na competitividade do agronegócio do milho no Estado de Goiás, bem como na competitividade da maioria dos produtos do agronegócio brasileiro, é a precariedade no sistema de transportes e armazenagem, o que dificulta o fluxo de produtos e eleva os custos de transação. Goiás demanda investimentos para o escoamento da produção agropecuária que reflete diretamente nos custos de produção (AZEVEDO et al., 2008).

Os principais municípios produtores do Estado de Goiás no ano de 2011 foram: Jataí (918.000 t), Rio Verde (667.250 t), Montividiu (430.800 t), Cristalina (393.600 t) e Chapadão do Céu (369.840 t) (IBGE, 2013).

2.5 Caracterização da cultura da soja no Estado de Goiás

A soja, assim como o milho, é importante matéria-prima para diversas cadeias produtivas de relevância para o Estado de Goiás. Juntamente com o milho e o sorgo, ela é ingrediente base da ração animal e seu custo de produção reflete diretamente no preço final de diversos produtos como carnes, ovos e leite.

De acordo com dados do IBGE (2013), o Centro – Oeste é a maior região produtora de soja do país com expressiva participação de 45,09% da produção nacional em 2011. Goiás, neste mesmo ano, ocupou 2.565.608 hectares de seu território com a sojicultura e se posicionou na quarta colocação entre os maiores produtores do país, com volume de produção de 7.684.757 toneladas e participação de 10,27% na produção nacional.

O complexo soja goiano, em 2010, faturou US$ 1.374.628.633 e participou com 33,99% das exportações totais de produtos agropecuários do Estado, segundo dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC (2011).

Nos últimos 30 anos, a produtividade da soja no Cerrado aumentou de 20 para 50 sacas por hectare. No entanto, no início de sua expansão pela região, a cultura da soja, com produtividade de apenas 20 sacas por hectare, permitia que o produtor obtivesse cerca de 10% de lucro líquido em lavouras com tamanhos inferiores a 300 hectares. Atualmente, os custos relacionados aos insumos e ao escoamento da produção aumentaram de maneira que é necessária uma produtividade superior a 50 sacas por hectare para que o produtor obtenha lucro líquido e crescimento sustentável do seu negócio (SILVA NETO e VELOSO, 2012).

Os municípios que mais se destacaram na produção de soja em 2011, segundo dados do IBGE (2013), foram: Jataí (864.000 t), Rio Verde (826.800 t), Cristalina (588.000 t), Montividiu (356.400 t) e Chapadão do Céu (289.380 t).

2.6 Caracterização da cultura do sorgo no Estado de Goiás

O Rio Grande do Sul liderou a produção de sorgo no país até os anos 1990. A partir do início desta década, o Estado de Goiás passou a ocupar uma grande área com o produto, juntamente com outros Estados do Centro – Oeste e Minas Gerais. Devido seu expressivo volume de produção, Goiás tornou-se o maior produtor e exportador de

sorgo para outros Estados brasileiros, principalmente para a região Nordeste (DUARTE, 2012).

Goiás apresenta grande competitividade na cultura do sorgo e há mais de dez anos lidera o *ranking* dos maiores produtores do país. Na safra de 2011, a área plantada foi de 267.925 hectares, o volume de produção foi de 836.767 toneladas e a produtividade foi de, em média, 55 sacas por hectare, conforme dados do IBGE (2013).

O avanço tecnológico na agricultura do cerrado continua ampliando as possibilidades para os diferentes tipos agronômicos de sorgo. O investimento na produção e na utilização do sorgo se justifica dentro da política estabelecida pelo governo que prioriza o aumento da eficiência, da qualidade e da competitividade dos produtores (COELHO et al., 2010).

Ainda se referindo aos mesmos autores, o sorgo pode substituir parcialmente o milho nas rações para aves e suínos e totalmente para ruminantes, devido seu alto valor nutricional, com uma vantagem comparativa de menor custo de produção e valor de comercialização de cerca de 80% do preço do milho.

A expansão do complexo agroindustrial de carnes em Goiás exige a busca de outras matérias-primas de menor custo e de boa qualidade para alimentação de aves, suínos e bovinos. A pecuária do Estado de Goiás se expande e se profissionaliza e os mercados consumidores exigem mais qualidade e preços competitivos. O milho, principal ingrediente para alimentação animal no país, tem se valorizado pela grande expectativa de exportação do produto. Para manter o mercado de rações abastecido com grãos de qualidade confiável e menores custos, o sorgo é reconhecido como a principal alternativa para substituir o milho na chamada cesta básica de ingredientes forrageiros (COELHO et al., 2010).

Jataí (105.000 t), Santa Helena de Goiás (90.000 t), Bom Jesus de Goiás (54.000 t), Ipameri (50.000 t) e Rio Verde (48.000 t) foram os maiores produtores de sorgo do Estado de Goiás no ano de 2011, segundo dados do IBGE (2013).

2.7 Caracterização da cultura do tomate no Estado de Goiás

A crescente demanda pelo tomate industrial no mercado nacional e internacional é explicada por vários fatores como a consolidação das redes *fast foods*, que utilizam esta hortaliça em diversos produtos, a presença do produto processado em forma de molhos em produtos semiprontos, bem como pelo aumento da demanda por produtos

naturais e saudáveis. Devido ao grande aumento da presença deste produto na cesta do consumidor em todo o mundo, sua produção mundial aumentou quase 100% nos últimos 20 anos (CARVALHO e PAGLIUCA, 2007).

Segundo Silva et al. (2006), o clima seco da região Centro- Oeste durante os meses de março a setembro favorece o cultivo do tomateiro. Os solos profundos e bem drenados e a topografia plana facilitam a mecanização da cultura. O cultivo do tomateiro exige um alto nível tecnológico e intensa utilização de mão-de-obra. Apesar do elevado índice de mecanização nas operações de preparo de solo, adubação, plantio, irrigação e pulverização, ainda são necessários cerca de 100 homens-dia por hectare na execução das tarefas de capinas e colheitas manuais, o que dá à esta cultura elevada importância econômica e social.

Os produtores do Estado de Goiás se beneficiam com os vários aspectos favoráveis à cultura do tomate e fazem do Estado o maior produtor do país. A hortaliça ocupou, em 2011, a área plantada de 18.679 hectares e apresentou volume de produção de 1.440.961 toneladas, respondendo por 32,62% da produção nacional, de acordo com dados do IBGE (2013).

Um fator limitante da produção convencional de tomate é o uso intensivo de agrotóxicos. Por ser uma cultura relativamente sensível a pragas e doenças, o tomateiro exige um manejo diferenciado. Muitos estudos que envolvem a cultura do tomate mostram que é possível produzir a hortaliça com o mínimo de agressão ambiental. A produção integrada, a qual visa a produção de alimentos de alta qualidade com utilização de técnicas que minimizam os impactos ambientais, possibilita a produção equilibrada, com racionalização de insumos, diminuição de custos de produção e menor impacto ambiental (ESTEVES, 2007).

Os municípios que obtiveram os maiores volumes de produção no ano de 2011, de acordo com dados do IBGE (2013) foram: Cristalina (233.250 t), Morrinhos (231.250 t), Vianópolis (94.000 t), Itaberaí (90.250 t) e Silvânia (71.500 t).

2.8 Caracterização da bovinocultura de corte no Estado de Goiás

O constante investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) aliado à melhoria das técnicas específicas aos sistemas produtivos de bovinos impulsionam os índices de produtividade da pecuária de corte no Brasil, tornando-a cada dia mais eficiente e sustentável. Devido aos grandes avanços, hoje é possível que, ocupando a

mesma área, o rebanho bovino brasileiro possa dobrar seu volume com a implementação de ferramentas simples de manejo e tecnologia (ABIEC, 2012b).

Segundo dados do IBGE (2013), o Brasil, com aproximadamente 213 milhões de cabeças de bovinos em 2011, possui o maior rebanho comercial do mundo. A região Centro-Oeste deteve, no mesmo ano, o maior rebanho bovino do país com 72.662.219 cabeças e participação de 34,14% na produção nacional.

No ano de 2011, o Estado de Goiás foi o quarto maior produtor de bovinos de corte do país, depois do Estado do Mato Grosso, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. O rebanho de bovinos de Goiás foi de 21.744.650 cabeças, com significativa participação de 10,22% na produção nacional. Deste total, o Estado abateu 2.701.839 cabeças neste mesmo ano (IBGE, 2013).

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes – ABIEC (2012b), algumas estratégias estão sendo adotadas por criadores de todo o país com a finalidade de aumentar a eficiência e a produtividade da bovinocultura de corte brasileira. O confinamento para terminação, o semi–confinamento, bem como a integração lavoura-pecuária, são alguns exemplos e contribuem para a redução do ciclo de produção, para a obtenção de uma carcaça mais bem acabada e para o uso mais sustentável da terra e dos recursos naturais.

Segundo dados da ABIEC (2012a), existem 83 plantas frigoríficas no país. Dez destas se concentram no Estado de Goiás e atendem ao mercado interno e externo com bom desempenho. Uma das plantas localizadas no Estado é posicionada como a maior processadora de proteínas animais do mundo.

Dados do MDIC (2011) revelam que em 2010, Goiás faturou US$ 537.055.606 com exportações de carne bovina, as quais representaram 13,28% do total faturado com exportações do Estado. Este fato confirma a importante participação do produto no mercado internacional e na criação de divisas para o país.

Desta maneira, pode-se inferir a relevância da bovinocultura de corte do Estado de Goiás, não só no aspecto quantitativo, mas também no patamar qualitativo (competitivo) da carne bovina produzida, tendo-se em vista a representatividade em volume negociado no mercado internacional. Somado a isso, constata-se as incertezas na negociação do boi gordo no mercado físico relacionadas a aspectos que envolvem a oscilações de preços e a estrutura mercadológica do setor, fator que gera discussões sobre o gerenciamento de risco na comercialização entre os agentes da cadeia produtiva

e a necessidade da busca de mecanismos que reduzam os riscos financeiros para o pecuarista (OLIVEIRA NETO et al., 2009).

Na Figura 3 pode ser observada a relevância da carne bovina na pauta de exportações de produtos pecuários do Estado de Goiás. O setor representou 53% do volume exportado em 2010, frente a 34% de carne avícola, 11% de carne suína e 2 % de outros tipos de carnes (IMB, 2011b).

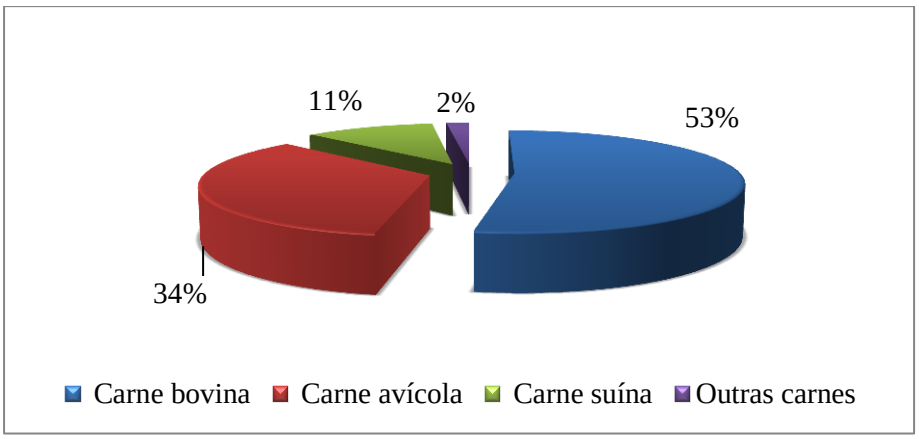

Figura 3: Participação dos produtos pecuários do Estado de Goiás nas exportações - 2010
Fonte de dados: IMB / SEGPLAN / Gerência de Estatística Socioeconômica – 2011.
Elaborado pelo autor.

Na atividade pecuária, os municípios goianos que se destacaram quanto à quantidade produzida em 2011, segundo dados do IBGE (2013) foram: Nova Crixás (710.000 cabeças), São Miguel do Araguaia (572.000 cabeças), Caiapônia (425.685 cabeças), Rio Verde (390.000 cabeças) e Jussara (366.000 cabeças).

O Quadro 1 expõe um resumo das atividades agropecuárias selecionadas para o presente estudo e suas principais características, ressaltadas no decorrer do texto.

Quadro 1: Estado de Goiás: Resumo das características das atividades agropecuárias selecionadas para o estudo – 2011

Atividade Agropecuária	Posição no *Ranking* Nacional	Participação na produção nacional	Área plantada	Volume de produção	Produtividade (safra 2010/2011)
Algodão	3˚	8,37%	110.779 ha	423.358t	117 arrobas/ha
Arroz	7˚	1,53%	72.176 ha	205.938t	34 sacas/ha
Feijão	4˚	8,71%	134.390 ha	311.837t	40 sacas/ha
Milho	5˚	10,13%	960.792 ha	5.743.622t	160 sacas/ha
Soja	4˚	10,27%	2.565.608 ha	7.684.757t	50 sacas/ha
Sorgo	1˚	43,10%	267.925 ha	836.767t	55 sacas/ha
Tomate	1˚	32,62%	18.679 ha	1.440.961t	85 t./ha
Bovinocultura de corte	4˚	10,22%	-	21.744.650 Cabeças	-

Fonte de dados: IBGE (2013).

Apesar das diversas características da região do cerrado que beneficiam as atividades agropecuárias do Estado de Goiás, estas são atividades de alto risco uma vez que sua oferta e sua demanda estão intimamente relacionadas a uma série de fatores incontroláveis que influenciam fortemente os resultados financeiros da produção. Desta maneira, o produtor rural deve se atentar para os mecanismos disponíveis para se proteger contra os riscos financeiros da atividade agropecuária.

No próximo capítulo tem-se a fundamentação teórica relativa aos principais conceitos pertinentes ao tema deste estudo. Nesta fundamentação são abordados os seguintes temas: Risco; Mecanismos de proteção contra o risco na agropecuária; Comercialização agrícola e tipos de mercado; Risco e retorno esperado de um portfólio; A Teoria do Portfólio de Harry Markowitz; Fronteira Eficiente e Estacionariedade de séries temporais.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Risco

O risco é intrínseco a todas as atividades econômicas e pode ser definido como a probabilidade de ocorrência de um evento indesejado associado às conseqüências adversas que ele possui (KIMURA, 1998). Para Gitman (2004), o risco é a possibilidade de prejuízos financeiros. Mais formalmente, o termo risco é usado como incerteza, ao referir-se à variabilidade dos retornos associada a um dado ativo.

O risco financeiro de um investimento está relacionado à probabilidade de se ganhar menos do que o esperado. O risco, no mercado financeiro, pode ser dividido em dois tipos básicos: risco sistêmico, também chamado de risco não-diversificável ou risco de mercado, e risco não-sistêmico também chamado de risco diversificável (SILVA, 2011).

Segundo Markowitz (1952), eventos relacionados a mudanças no sistema econômico como um todo são denominados risco sistêmico. Estes são relacionados a fatores ambientais - macroeconômicos, políticos e sociais - que causam impactos sobre todos os ativos. Já o risco não-sistêmico diz respeito ao risco associado a cada ativo especificamente, ou seja, depende exclusivamente das características de cada ativo. De acordo com o mesmo autor, a soma dos dois tipos de risco – sistêmico e não-sistêmico - forma o risco total ou risco global.

A análise de risco permite identificar as probabilidades de ocorrência de eventos desfavoráveis e orientar a tomada de decisão com maior segurança. Portanto, é de extrema importância a minimização dos riscos e incertezas de um investimento para ajustar o sistema de produção de forma a proceder em menores possibilidades de prejuízos (SIMÕES e MOURA, 2006).

A incorporação da análise de risco à avaliação econômica é uma importante ferramenta que proporciona aos pesquisadores a oportunidade de analisarem as diferentes alternativas existentes, não somente do ponto de vista da sustentabilidade econômica, mas também sob o aspecto do risco que o investidor está correndo na sua adoção (SANTOS et al., 1999).

Como ressaltado anteriormente, a atividade agropecuária é uma atividade de alto risco. Com exceção das incertezas incontroláveis pelo produtor rural, determinadas pela natureza, este pode amenizar os riscos financeiros através de diferentes alternativas.

A seguir serão apresentados alguns mecanismos governamentais existentes para mitigação dos riscos presentes na agropecuária, bem como alguns mercados onde o produtor pode atuar que auxiliam na suavização dos riscos presentes na comercialização de seus produtos.

3.2 Mecanismos de proteção contra o risco na agropecuária

Os riscos e incertezas presentes na agropecuária são provenientes de fatores abióticos (clima, solo, pragas e doenças) e oscilações de preço no mercado as quais podem afetar negativamente a renda agrícola. Uma adequada gestão de riscos financeiros pode auxiliar na estabilidade da renda do produtor rural e garantir sua permanência na atividade (GUIMARÃES e NOGUEIRA, 2009).

Para gerenciar este risco, existem alguns mecanismos que buscam proteger o produtor rural das possíveis adversidades presentes na atividade rural como o seguro agrícola, a fixação de preços mínimos na agricultura, o crédito rural, a comercialização via contrato (mercado futuro, mercado de opções, mercado a termo) e a diversificação da produção agropecuária, a que se propõe nessa pesquisa.

Guimarães e Nogueira (2009) ressaltam que o seguro agrícola ou rural é um importante mecanismo de proteção da renda do produtor. Este mecanismo atua de forma a reduzir os riscos de prejuízos na agropecuária e proporciona a recuperação de sua capacidade financeira na eventualidade de sinistros ocorridos por motivos naturais incontroláveis. Ao utilizar o seguro agrícola um produtor rural troca uma despesa futura e incerta, de valor elevado, por uma despesa antecipada e certa de valor relativamente menor, o prêmio (OZAKI, 2005).

Entretanto, apesar dessas vantagens, existe uma série de fatores limitantes que podem inviabilizar esse instrumento de proteção contra o risco. Segundo Ozaki (2005), as causas estão relacionadas à falta de metodologias adequadas para precificação do seguro e à presença de informações assimétricas nesse mercado. Assim, a seleção adversa, em que o seguro agrícola é calculado com base no risco médio dos agricultores; o risco moral, que surge da negligência do produtor para com sua safra, já

que este está assegurado; além do risco sistêmico ou de mercado, desestimulem a oferta por parte das seguradoras.

Pela presença destas falhas no sistema de seguro agrícola é comum a presença do governo nesse mercado, desenvolvendo ações que busquem compensar esses entraves. Contudo, essa intervenção pode gerar gastos muito elevados e exigir prazos muito longos para apresentar resultados favoráveis (GUIMARÃES e NOGUEIRA, 2009).

Outro mecanismo governamental de proteção contra o risco na agropecuária é a Política de Garantia de Preços Mínimos – PGPM. Esta política agrícola visa garantir a renda dos agricultores e mantê-los na atividade rural já que busca oferecer ao agricultor a remuneração mínima do custo de produção caso haja excesso de oferta no mercado no momento da colheita (VASCONCELOS, 2001).

De acordo com Vasconcelos (2001), na PGPM o governo fixa, antes do plantio, um preço mínimo pelo qual garante a compra da safra após a colheita. Se no momento da comercialização do produto o preço de mercado for maior que o preço mínimo fixado, o produtor vende sua produção no mercado, em contrapartida, se o preço de mercado for menor que o preço mínimo fixado anteriormente pelo governo, o agricultor vende parte de sua produção para o governo o qual utilizará essa compra como estoques reguladores. A instituição governamental que cumpre esse papel é a Companhia Nacional de Abastecimento – Conab.

Um fator que pode interferir na eficiência desta política agrícola é a não cobertura total dos custos de produção pelo preço mínimo fixado, ou seja, mesmo que no momento da colheita e da comercialização do produto o preço mínimo estabelecido seja maior que o preço de mercado, este não garante a remuneração de todos os custos de produção, não cumprindo a função da PGPM, que é garantir que o produtor, no mínimo, cubra seus custos de produção.

Outro instrumento de mitigação do risco na agropecuária é o crédito rural. Este pode ser considerado um instrumento de proteção contra o risco na agropecuária já que financia recursos ao produtor rural destinados à comercialização de seus produtos. De acordo com o MAPA (2013), o crédito rural compreende recursos destinados a custeio, investimento ou comercialização. Para obtenção do crédito, o produtor deve obedecer as regras de acesso, seus objetivos e suas condições, as quais são estabelecidas no Manual de Crédito Rural - MCR elaborado pelo Banco Central do Brasil.

Na Política de Crédito Rural, a modalidade que mais se adequada a um mecanismo de proteção da renda agrícola é a de crédito para comercialização. Esta assegura ao produtor rural os recursos necessários à adoção de mecanismos que garantam o armazenamento da colheita nos períodos de queda de preços. Desta maneira, o produtor pode operar no momento em que achar mais oportuno, usufruindo de maior segurança na comercialização de seus produtos.

Vale lembrar que a atividade agropecuária não envolve apenas riscos de produção relacionados a fatores abióticos, mas também envolve riscos inerentes ao mercado – risco financeiro - relacionados à constante oscilação de preços dos insumos e produtos.

Quando se trata de risco de preços, o produtor rural pode contar com mecanismos de negociação que possuem instrumentos de gerenciamento de risco como o mercado físico, o mercado a termo, o mercado futuro e o mercado de opções, que podem auxiliar o produtor no momento da comercialização de sua safra. A seguir, são apresentados alguns mercados onde o produtor rural pode atuar para mitigar os riscos de preços de seus produtos.

3.3 Comercialização agrícola e tipos de mercado

Existem diferentes tipos de mercados em que o produtor rural pode atuar para comercializar seus produtos de maneira mais segura. Os mercados apresentados a seguir representam os mecanismos mais comumente utilizados hoje pelos agropecuaristas.

3.3.1 Mercado físico

Segundo Oliveira Neto e Figueiredo (2008), os mercados físicos são mercados caracterizados pela negociação de produtos em troca de moeda, isto é, a negociação do produto se dá de maneira menos formal entre comprador e produtor em determinado momento. Os autores afirmam que nesse tipo de mercado, também chamado de mercado *spot* ou disponível, a liquidação é realizada mediante pagamento, sendo esta realizada no momento da negociação. Preço, quantidade, qualidade do produto e local de entrega são negociados diretamente entre compradores e vendedores.

Negociar no mercado físico, quando comparado a outros tipos de mercado, oferece maior nível de risco já que a maioria das atividades econômicas realizadas neste

mercado envolve um grande número de elementos especulativos, o que geralmente leva o mercado a comportar-se de maneira mais incerta e instável (OLIVEIRA NETO e FIGUEIREDO, 2008).

3.3.2 Mercado a termo

Segundo Waquil et al. (2010), o mercado a termo é aquele onde se negociam contratos a termo, especificando-se a venda ou compra antecipada da produção, mediante preço previamente combinado entre as partes, podendo ou não ocorrer adiantamento de recursos devido a promessa de entrega futura da mercadoria em local determinado.

A principal característica que diferencia este mercado dos demais está no sentido de que a comercialização liquidada na data atual está condicionada à entrega futura do produto, sendo o valor, a quantidade, a qualidade do produto e o local de entrega acordados entre o vendedor e comprador (OLIVEIRA NETO e FIGUEIREDO, 2008).

3.3.3 Mercado futuro

Mercados futuros são mercados onde se negociam contratos, compromissos de compra e venda de um produto específico, a um determinado preço no futuro. Esses mercados funcionam como uma garantia, tanto para o produtor rural quanto para comprador, eliminando riscos de preços no momento da comercialização da safra (MARQUES et al., 2008).

Marques et al. (2008) ressaltam que o mercado futuro é um mecanismo de proteção muito utilizado no agronegócio em que o produtor rural busca amenizar o risco de preços em um tempo futuro, quando sua produção será comercializada. Este mecanismo de proteção proporciona uma redução nos riscos da comercialização da produção provenientes das variações dos preços, mas não elimina tais riscos, ou seja, o uso do mercado futuro apenas fornece um “seguro” contra o risco de oscilações nas cotações.

Nos mercados futuros os contratos são negociados em bolsa, a qual define todas as especificações do produto a ser negociado, quais procedimentos deverão ser obedecidos e as normas que prevalecerão no mercado. Cada contrato futuro há um

período dentro do qual as entregas podem ser realizadas, bem como procedimentos de liquidação bem definidos (HULL, 2005).

Hardaker et al. (2004) *apud* Oliveira Neto (2008), afirmam que os mercados futuros possibilitam a geração de lucros ou, no mínimo, margens que possam resultar na cobertura dos custos de produção, diminuindo o risco de preço no mercado físico que, como ressaltado anteriormente, muitas vezes, se comporta de maneira incerta e instável.

O uso do mercado futuro pelos agropecuaristas do Estado de Goiás ainda é limitado. Supostamente, os produtores goianos não utilizam este tipo de mercado para comercialização de seus produtos devido à falta de conhecimento quanto a suas operações ou pelas diversas restrições existentes neste tipo de mercado.

3.3.4 Mercado de opções

O mercado de opções é um mercado onde se negociam contratos de opções que são acordos onde uma parte, ao pagar um valor também chamado de prêmio, adquire o direito (opção) de comprar ou vender, em data futura, uma mercadoria a um preço previamente negociado em bolsa. Por sua vez, a contraparte, ao receber esse valor (prêmio), obriga-se a vender ou comprar essa mesma mercadoria, caso a primeira exerça o seu direito de compra ou venda. O valor do prêmio é livremente negociado entre as partes e os contratos de opções são flexíveis, quando negociados em balcão, e padronizados, quando negociados em bolsa (WAQUIL et al., 2010).

De acordo com Oliveira Neto et al. (2009), no mercado de opções são comercializados contratos de opções, caracterizados pelo pagamento de valores que dão direitos de compra ou venda, mas não necessariamente obrigações de optar por determinado curso de ação na negociação de um produto específico no mercado.

Deve-se atentar para a presença de riscos em qualquer tipo de mercado. Alguns mecanismos existentes nestes buscam apenas minimizar tais riscos. A alternativa de *hedge* proposta neste estudo busca mitigar os riscos presentes na atividade agropecuária através de uma metodologia que possa auxiliar o produtor rural na alocação de seus recursos disponíveis e na escolha da alternativa de produção conjunta que ofereça o binômio risco - retorno que melhor atenda a seus interesses.

3.4 Risco e Retorno Esperado de um Portfólio

Todo investimento apresenta características particulares que envolvem o binômio risco-retorno. Markowitz (1952) afirma que estas duas variáveis são suficientes para auxiliar os agentes de mercado na tomada de decisão. Por isso, diante de uma série de opções de investimentos que o investidor possa escolher, ele deve decidir pela combinação de risco e retorno que seja mais conveniente, de acordo com seus interesses.

Sabe-se que o setor agropecuário é composto por uma grande diversidade de sistemas de produção, susceptíveis a muitos fatores de riscos provenientes da natureza ou do mercado. Embora esses riscos não possam ser inteiramente extinguidos, eles podem ser minimizados por meio da diversificação de atividades agrícolas e pecuárias (LAZZAROTTO, 2009).

Para Ross et al. (2009), a diversificação consiste na formação de carteiras através da alocação de um investimento em mais de um ativo. Este processo possibilita a eliminação de parte, mas não da totalidade do risco.

A diversificação reduz apenas o risco não-sistêmico ou diversificável, isto é, o risco de mercado não pode ser minimizado com a diversificação. Quando se diversifica um investimento, o capital total pode sofrer queda referente a fatores que afetem apenas a um dos ativos que compõe a carteira, neste caso os outros ativos, que não foram atingidos, garantem a redução das perdas totais. Da mesma maneira, quando somente um ativo é afetado de forma positiva, os outros, não sendo afetados, impedirão que o retorno aumente na mesma proporção que aumentará para o ativo que foi afetado positivamente (SILVA, 2011). O efeito da diversificação sobre o risco de um portfólio é apresentado na Figura 4.

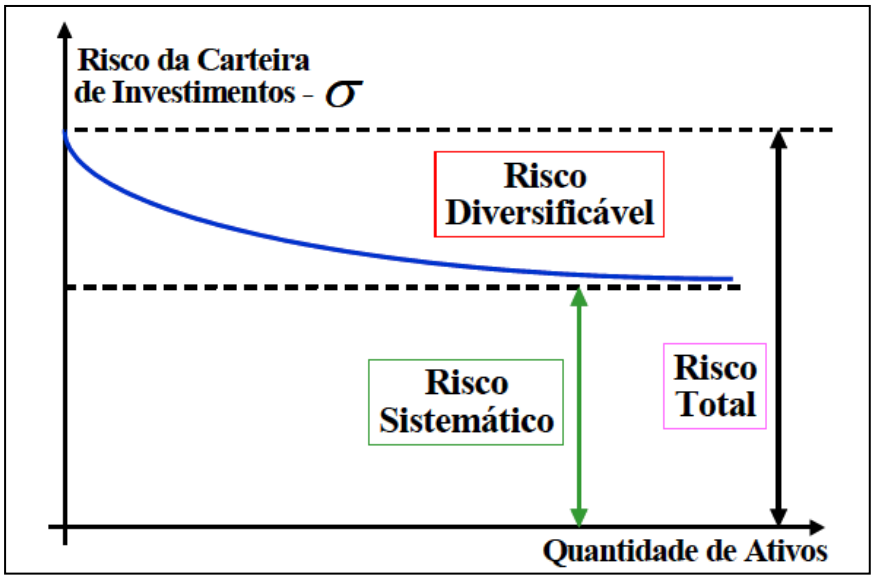

Figura 4: Diversificação e Risco de uma Carteira
Fonte: Ross et al. (2009)

Um portfólio consiste em um conjunto de ativos, cujo objetivo básico é a redução do risco através de uma eficiente diversificação dos recursos financeiros em diferentes alternativas de investimentos (ASSAF NETO e LIMA, 2009). No presente trabalho, um portfólio se refere à combinação de atividades agropecuárias - diversificadas - as quais serão produzidas concomitantemente em uma propriedade rural.

O retorno esperado de um portfólio é o retorno financeiro que um indivíduo espera receber sobre o investimento nos ativos que compõem aquele portfólio ao longo do tempo, ou seja, é um retorno futuro. É uma expectativa do que um investimento possa proporcionar, já que o retorno efetivo poderá ser maior ou menor que o retorno esperado (SILVA, 2011).

O que normalmente interessa ao investidor é o retorno sobre o investimento em um ativo. Portanto, os retornos são variáveis fundamentais quando se busca avaliar um portfólio ideal. Além disso, segundo Markowitz (1952), os retornos apresentam comportamento adequado ao tratamento estatístico e podem ser descritos pela equação 1:

$$R_{i,t} = ln\left(\frac{p_{i,t}}{p_{i,t-1}}\right) \tag{1}$$

Onde:

$R_{i,t}$ é o retorno esperado logarítmico do ativo *i*, no período *t*;

$p_{i,t}$ é o preço do ativo *i*, no período *t*;

$p_{i,t-n}$ é o preço do ativo *i*, no período *t-1*.

Quando se trata do retorno esperado de um portfólio, Sá (1979) ressalta que o cálculo se dá pela média ponderada de todos os retornos esperados de todos os ativos que compõem este portfólio:

$$R_p = \sum_{i=1}^{n} w_i r_i \qquad (2)$$

Onde:

R_p é o retorno esperado do portfólio;

w_i é o peso (proporção) do ativo *i* no portfólio;

r_i é o retorno esperado do ativo *i*.

Para avaliar a outra variável essencial para escolha de um portfólio - o risco - Markowitz (1952) ressalta que, quando analisado individualmente, o risco é definido como a medida de dispersão de uma dada série, ou seja, é determinado pelo cálculo da variância (σ^2) ou do desvio-padrão (σ) da série.

Deste modo, com base na Teoria de Markowitz, Dill et al. (2011), afirmam que o risco de uma carteira não depende somente do risco de cada ativo que a compõe e de sua participação no investimento total, mas também da forma como cada ativo se relaciona (correlaciona) com os outros ativos do portfólio.

A correlação é o método estatístico utilizado para medir a relação entre duas ou mais variáveis, neste caso, entre os retornos esperados de cada ativo. A medida estatística é o coeficiente de correlação que assume valores no intervalo de +1 a -1. Assaf Neto (2003) defende a ideia de que o risco pode ser eliminado na hipótese de se implementar, por exemplo, dois investimentos em ativos que possuam correlações perfeitamente opostas e extremas, ou seja, que apresentem coeficiente de correlação igual a -1.

O autor afirma ainda que, ao combinar ativos que não apresentem correlação perfeita e positiva, um indivíduo pode reduzir seu risco total e que, quanto menor esta correlação, menor será o risco total já que, se determinado ativo tende a valorizar-se o outro tende à desvalorização, de forma que um compense o outro.

As Figuras 5 e 6 auxiliam no entendimento da importância do coeficiente de correlação para determinação do risco de um portfólio. Na Figura 5 pode ser observado o comportamento de dois ativos que são correlacionados positivamente, ou seja, os retornos de ambos possuem as mesmas tendências de crescimento e queda.

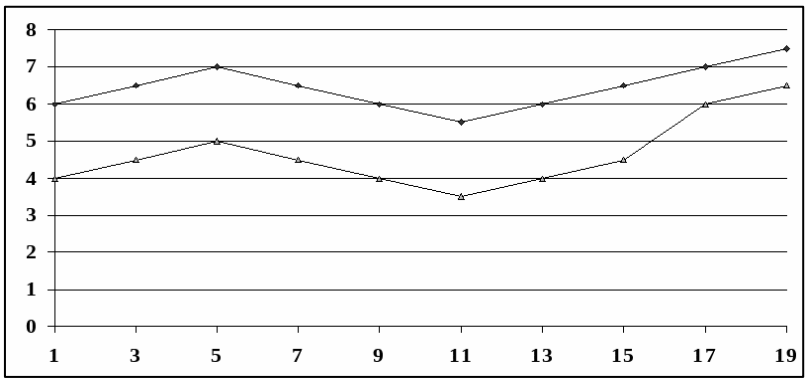

Figura 5: Correlação positiva entre dois ativos
Fonte: SILVA (2011).

Na Figura 6 pode ser observado o comportamento de dois ativos que possuem correlação negativa, isto é, as tendências de crescimento ou queda ocorrem de maneira oposta de modo que, se um ativo tende a desvalorizar-se, o outro tende a valorizar-se.

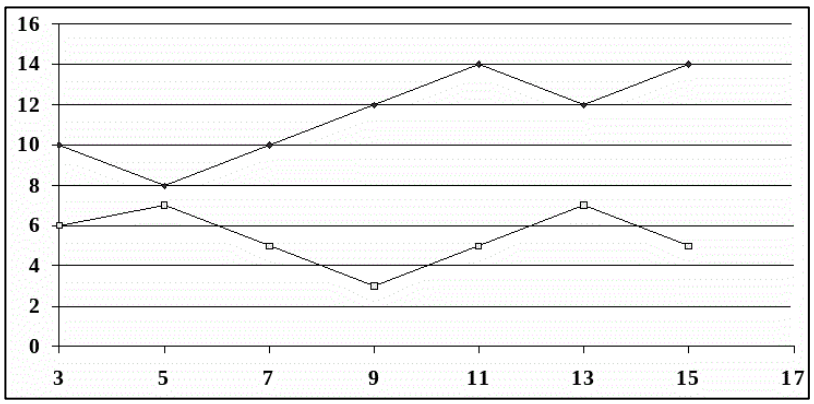

Figura 6: Correlação negativa entre dois ativos
Fonte: SILVA (2011).

Assim, o risco de uma carteira constituída por mais de dois ativos, segundo Markowitz (1952), pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j \rho(r_i r_j)\sigma_i \sigma_j} \qquad (3)$$

Onde:

σ_p é o risco total da carteira;

n é o número de ativos que compõem o portfólio;

w_i é a participação (proporção) do ativo i no portfólio;

w_j é a participação (proporção) do ativo j no portfólio;

$\rho(r_i, r_j)$ é a correlação entre os retornos dos ativos i e j;

σ_i é o risco individual (desvio-padrão) em relação ao retorno esperado do ativo i;

σ_j é o risco individual (desvio-padrão) em relação ao retorno esperado do ativo j.

Conforme Assaf Neto (2003), a Teoria do Portfólio proposta por Markowitz (1952), trata essencialmente da composição de uma carteira ótima de ativos, tendo por objetivo principal maximizar a utilidade do investidor pelo binômio risco – retorno.

Dada a grande contribuição da Teoria do Portfólio para gerenciamento de riscos e sua efetiva aplicação no presente estudo, no próximo tópico são apresentados os principais aspectos teóricos relacionados a esta teoria.

3.5 A Teoria do Portfólio de Harry Markowitz

Lazzarotto (2009) define um portfólio como uma combinação de ativos – financeiros ou não - que objetiva atender a determinados objetivos. Deste modo, pode-se inferir, dentro de uma perspectiva financeira, que o conceito de portfólio se aproxima do conceito de carteira de investimentos. Assim, pressupondo que o investidor é racional e avesso ao risco, ao escolher entre dois ativos com o mesmo nível de risco para se fazer um investimento, ele prefira ao que tenha maior retorno ou, de forma inversa, opte pelo que apresente menor risco, quando estes apresentarem um mesmo retorno (ASSAF NETO, 2003).

Harry Markowitz determinou um sistema para seleção de carteiras eficientes em seu clássico estudo "*Portfolio Selection*" de 1952. Markowitz determinou o conjunto ótimo de carteiras para se obter o retorno ideal para determinado nível de risco. Silva (2011), afirma que Markowitz desenvolveu um modelo de análise do binômio risco-retorno, no qual as informações necessárias para a escolha do melhor portfólio, para quaisquer níveis de risco e retorno, são obtidas a partir da análise de três variáveis estatísticas: média, variância (ou desvio-padrão) e covariâncias (ou correlações).

Estas variáveis estatísticas, segundo Cantú e Menezes (2011), permitem a observação do desempenho futuro dos ativos e do mercado financeiro além de dar apoio à tomada de decisão do investidor. Assim, Markowitz formulou o seu modelo de seleção de carteiras, onde é proposta a diversificação dos ativos em benefício da redução do risco não - sistêmico total da carteira.

Em seu trabalho, Markowitz também propôs que há maior possibilidade de se obter retorno positivo, com riscos menores, quando se considera o investimento em uma carteira balanceada de investimentos, que quando se investe em um único investimento, isto é, segundo o autor, a diversificação permite a redução do risco financeiro.

O método de Markowitz define a variância (medida de risco) de uma carteira como a soma das variâncias individuais de cada ação e covariâncias entre pares de ações da carteira, de acordo com o peso (a proporção) de cada ação na carteira. Markowitz defende que deve haver uma carteira de ações que maximiza o retorno esperado e minimiza a variância, e esta deve ser a carteira recomendada para um investidor (SILVA, 2011).

Segundo Sá (1979), o problema solucionado por Markowitz consistiu em determinar os percentuais de cada um dos títulos na composição das carteiras, de modo a encontrar o conjunto de carteiras que oferecessem menor risco ou maior retorno.

A Teoria do Portfólio proposta por Markowitz (1952), segundo Lazzarotto (2009), foi desenvolvida a partir de alguns pressupostos:

a) Os investidores consideram que cada alternativa de investimento se dá pelo comportamento dos retornos esperados em determinado horizonte de tempo;
b) Os investidores são racionais quanto aos riscos, ou seja, preferem alternativas de investimentos que ofereçam menores riscos;
c) Os investidores buscam maximizar sua utilidade esperada;
d) Risco e Retorno esperado são variáveis suficientes para que o investidor tome uma decisão de investimento.

O trabalho de Markowitz trouxe uma mudança na abordagem da escolha de investimentos da época (décadas de 1940 e 1950), quando os investimentos eram concentrados em ativos com maior retorno esperado, sem tanta preocupação quanto ao risco (MINOZZO et al., 2011).

Markowitz (1952) defende que as variáveis risco e retorno são suficientes para a tomada de decisão do investidor, porém, ressalta a importância que deve ser dada à covariância, ou seja, a correlação entre os ativos que compõem cada portfólio. A covariância permite analisar, por meio do sinal e da magnitude, se os retornos de dois ativos apresentam, ao longo da série, comportamentos distintos ou semelhantes. Valores positivos indicam um comportamento na mesma direção, enquanto valores negativos apresentam um comportamento em direções opostas (LAZARROTTO, 2009).

Deste modo, Markowitz (1952) destaca que um investidor deve aplicar seus recursos em ativos que apresentem baixas covariâncias entre seus retornos, ou seja, devem evitar investir em ativos com altas covariâncias positivas de modo que os recursos sejam aplicados em diferentes ativos com diferentes características econômicas.

A seguir tem-se uma breve fundamentação teórica a respeito da Fronteira Eficiente - representação gráfica da combinação entre o risco e o retorno de um portfólio – a qual viabiliza o entendimento quanto à escolha do portfólio ideal que maximiza a satisfação (utilidade) do investidor.

3.6 Fronteira Eficiente

Dill et al. (2011) definem a Fronteira Eficiente como a representação gráfica das possibilidades de risco e retorno para diversos portfólios eficientes a serem escolhidos por um investidor.

A Figura 7 representa uma Fronteira Eficiente formada por todas as combinações de risco e retorno possíveis de serem construídas. De acordo com Lazarrotto (2009), a escolha pela melhor carteira depende da decisão de cada investidor quanto à escolha do nível de risco e retorno esperado. Considerando dois investidores com diferentes posturas (investidor 1 e investidor 2), tem-se duas diferentes curvas de indiferença que ilustram a utilidade de cada um. No ponto onde as duas curvas se tocam (Curva de Indiferença e Fronteira Eficiente), tem-se o ponto ótimo para cada investidor.

A Fronteira Eficiente representa a mesma combinação de ativos para os dois investidores, porém, cada um deles, por possuírem interesses particulares, escolhe um ponto diferente. Como pode ser observado, o investidor 1 escolhe uma combinação de risco e retorno menor (ponto A) por ser mais avesso ao risco que o investidor 2, que opta por uma combinação que oferece maior nível de retorno, mesmo que a um nível de risco maior (ponto B) (LAZARROTTO, 2009).

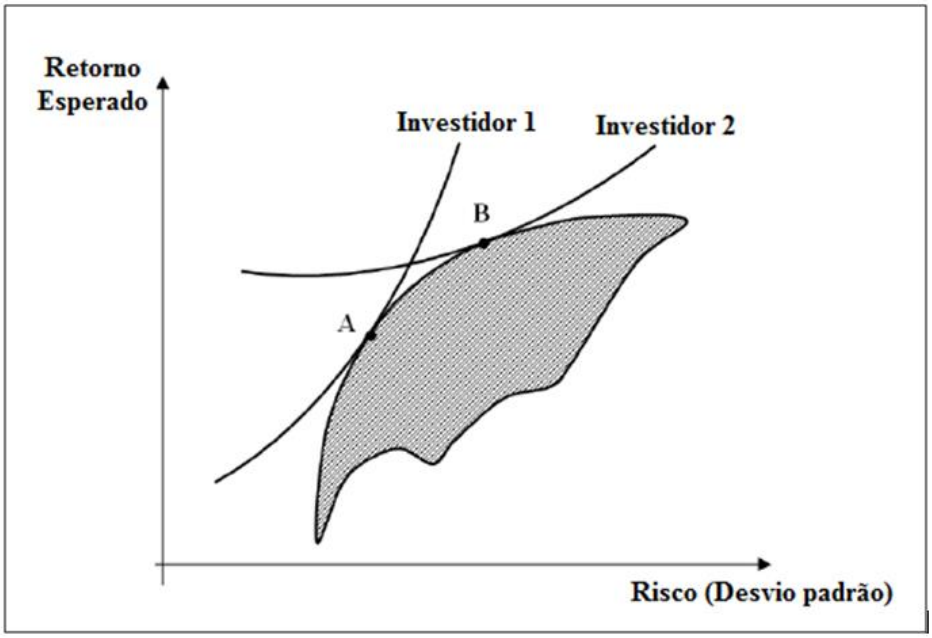

Figura 7: Fronteira Eficiente
Fonte: Adaptado de Lazarrotto (2009)

Deste modo, é possível observar que o melhor portfólio escolhido depende das particularidades de cada investidor quanto ao binômio risco-retorno, lembrando que o ponto de escolha final será aquele em que a curva com a mais alta utilidade tangencia a Fronteira Eficiente.

3.7 Estacionariedade de séries temporais

Segundo Gujarati (2006), uma série temporal é um conjunto de observações dos valores que determinada variável assume em diferentes instantes de tempo, considerando que tais dados possam ser coletados em períodos regulares.

Quanto à análise de uma série temporal, Gujarati (2006) explica sobre a necessidade da utilização de séries estacionárias. Estas, segundo o autor, se definem

como séries de dados onde sua média, variância e autocovariância, em diferentes defasagens, permanecem as mesmas (constantes) ao longo do tempo. A constância destas variáveis estatísticas permite que tais dados possam ser interpretados como "estáveis" devido à sua estacionariedade, o que se define como uma base previsível com validade significante.

A importância de saber se uma série temporal é estacionária, se deve ao fato de que estas permitem análises de curto, médio e longo prazo e, assim, tomar decisões de maneira mais apropriada e segura. Gujarati (2006) ressalta que caso uma série seja não-estacionária, não se deve estudar seu comportamento para o período analisado, pois esta série tem pouco valor prático e não é possível generalizá-lo para outros períodos de tempo, como no caso de fazer previsões.

Embora a maioria das séries temporais estudadas seja não - estacionária muitas delas têm a característica de que, quando diferenciadas uma ou mais vezes, resultam em séries estacionárias (PINDYCK e RUBINFELD, 2004).

Gujarati (2006) relata que os dados de uma série temporal podem ser imaginados ou gerados a partir de um processo estocástico ou aleatório. Segundo o mesmo autor, um processo estocástico é estacionário quando apresenta o mesmo padrão estatístico, ou seja, sua média e sua variância são constantes ao longo do tempo.

Partindo-se da disposição de dados reais, Veiga e Sáfadi (1999) *apud* Oliveira Neto (2008) afirmam que a metodologia estatística pode ser estendida a um conjunto de dados de modo a se fazer uma análise de séries temporais, as quais servem de embasamento para diversos estudos.

Veiga e Sáfadi (1999) *apud* Oliveira Neto (2008) ressaltam ainda que a análise estatística mensura uma relação observada ou acrescenta uma medida de incerteza que poderia ser determinada após uma minuciosa observação visual da série. Por isso é necessária a utilização de um método estatístico de análise de séries temporais, que se diferem, sendo identificados segundo a abordagem no domínio do tempo e no domínio da freqüência (OLIVEIRA NETO, 2008).

Segundo Gujarati (2006), as equações 4, 5 e 6 apresentam as condições necessárias para a análise da estacionariedade de uma série temporal:

$$Média: E(Y_t) = \mu \quad (4)$$

$$Variância: var\ (Y_t) = E\ (Y_t - \mu)^2 = \sigma^2 \quad (5)$$

$$Covariância: \gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{1+k} - \mu)] \quad (6)$$

A equação 4 estabelece que a média da série temporal seja a mesma em todos os períodos. A equação 5 determina que a variância seja constante em todos os períodos e a equação 6 garante que a covariância não depende do tempo, esta depende apenas da defasagem entre as observações (BUENO, 2008).

4. METODOLOGIA

4.1 Etapas metodológicas

Os procedimentos metodológicos da pesquisa foram realizados a partir das seguintes etapas: a) Levantamento das séries temporais de preços de mercado e de custos de produção de cada atividade agropecuária estudada; b) Análise preliminar estatística, que consistiu em analisar os dados e eliminar aqueles inconsistentes com os demais (*outliers*); c) Cálculos dos retornos operacionais esperados; d) Detecção da estacionariedade das séries temporais de retornos operacionais; e) Obtenção e análise das volatilidades históricas das séries temporais de retornos operacionais; f) Análise das alternativas de produção conjunta; g) Construção e análise da matriz de correlação dos retornos operacionais das atividades combinadas; h) Desenvolvimento do modelo de programação linear; i) Construção da tabela com as diversas possibilidades de produção conjunta e seus respectivos riscos e retornos operacionais esperados e, por fim, j) Disposição das fronteiras eficientes. Tais etapas podem ser visualizadas na Figura 8.

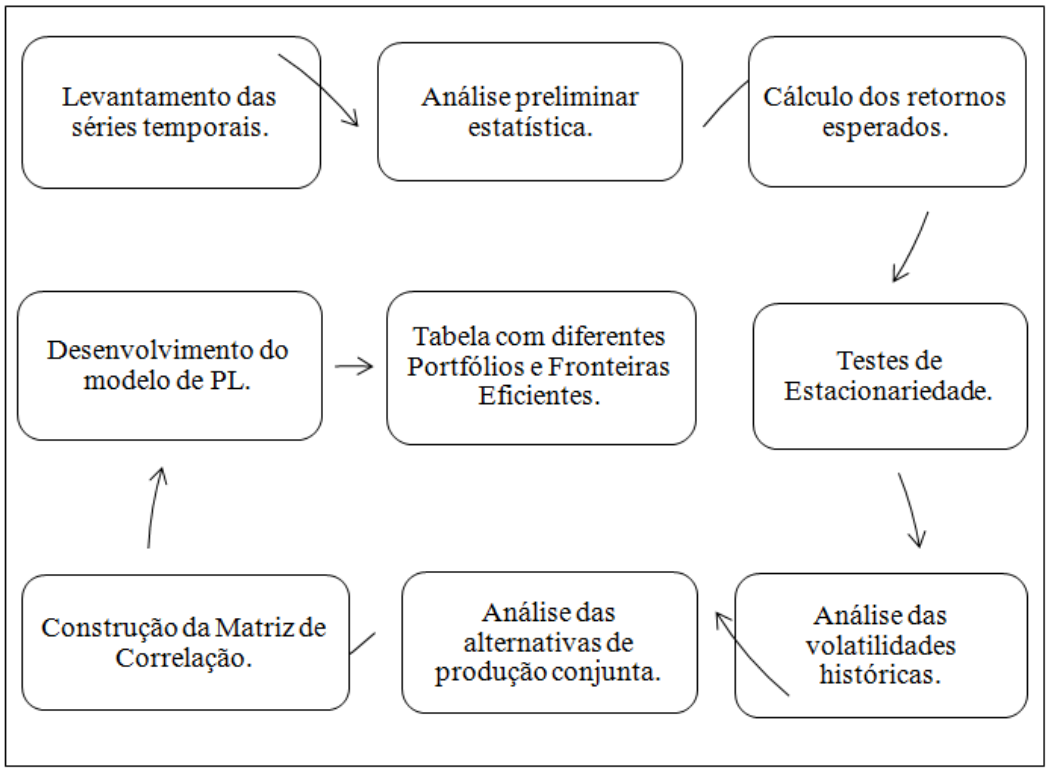

Figura 8: Etapas metodológicas desenvolvidas na pesquisa
Fonte: Elaborada pela autora.

4.2 Fonte de dados

A priori, foi feita a coleta dos dados imprescindíveis para alcance dos objetivos. Estes dados são: histórico de preços médios mensais recebidos pelo produtor, histórico de custos de produção, produtividade e ciclo de produção de cada atividade agropecuária estudada (algodão, arroz, boi gordo para corte, feijão, milho, soja, sorgo e tomate).

Os dados coletados foram mensais e compreenderam o período entre dezembro de 2008 e maio de 2012. Cada série histórica (preço e custo de cada atividade estudada) possui 42 observações totalizando uma amostra com 336 observações.

Os preços coletados foram os preços médios mensais recebidos pelo produtor no Estado de Goiás e foram disponibilizados pela Conab. Os preços do arroz, feijão, milho, soja e sorgo são os preços médios mensais da saca de 60 kg; os preços do algodão e do boi gordo são os preços médios mensais da arroba e o preço médio mensal do tomate é o preço da tonelada do produto. Estes dados foram convertidos em receita por hectare, de acordo com cada produtividade, para cálculo do retorno esperado, conforme pode ser verificado mais adiante.

Os custos de produção das atividades agrícolas foram analisados por hectare, enquanto o custo de produção do boi gordo para corte foi analisado por arroba.

Tais custos foram fornecidos pela Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás - FAEG. De acordo com a FAEG (2011), a metodologia de custos utilizada pela instituição considera que a evolução dos custos de produção de cada atividade agropecuária se dá pela variação dos preços dos fatores de produção que envolvem cada cultura. As cotações dos preços dos insumos que formam os custos de produção nesta metodologia são feitas junto a cooperativas agropecuárias e empresas de insumos.

A descrição dos custos de produção disponibilizados pela FAEG é subdividida em etapas que agregam custos que incidem desde o período de implantação da cultura até sua pós-colheita. De maneira geral[1], os custos são descritos com as seguintes etapas: Correção do solo, pré-plantio, plantio (semeadura e adubação), tratos culturais (controle fitossanitário), colheita, pós-colheita e despesas financeiras (seguros, juros, impostos e taxas e encargos sociais).

[1] Aplicável a todas as culturas estudadas.

A descrição dos custos de cada etapa relaciona cada insumo utilizado, sua quantidade utilizada em um hectare e seu preço que, somados, compõem o custo total de produção em um hectare.

Fatores indiretos que interferem na produção, como relações trabalhistas no meio rural, seguro agrícola, assistência técnica, juros de financiamento, bem como impostos que incidem sobre a renda agrícola, também compõem o custo total de produção disponibilizado pela FAEG, no entanto, foram considerados no estudo apenas os custos operacionais efetivos (COE)[2] de cada cultura, já que os demais custos, que compõem o custo total, são subjetivos, ou seja, variam de produtor para produtor.

Segundo Matsunaga et al. (1976), o custo operacional efetivo é a soma dos desembolsos efetivamente realizados na condução da atividade. Na metodologia de cálculo de custos de produção da FAEG, o COE é formado pelo somatório das despesas de custeio do pré-plantio (I), despesas de plantio (II), despesas de condução da lavoura (III), despesas de colheita (IV), despesas de pós-colheita (V) e despesas financeiras (VI). No presente estudo foram excluídas as despesas de pós-colheita e as despesas financeiras. O Anexo 1, apresentado para exemplificação, representa o detalhamento da composição dos custos de produção de um hectare de soja, produzida no Estado de Goiás, estabelecido pela FAEG.

Todas as séries temporais de preços e custos foram deflacionadas de modo a se obter a série de dados reais. Segundo Mendes e Padilha Junior (2007), o deflacionamento consiste em descontar a inflação acumulada durante determinado período de tempo, permitindo com isso, sua análise e comparação no tempo. Os preços e custos foram atualizados para valores equivalentes a maio de 2012.

Para deflacionar os preços nominais recebidos pelo produtor, foi utilizado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. De acordo com o IBGE (2012), o IPCA é um índice que mede a variação dos preços no comércio para o consumidor final, o que justifica seu uso como deflator da série histórica de preços.

Enquanto que, para deflacionar os custos de produção, foi utilizado o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP – DI), disponibilizado pela Fundação Getúlio Vargas - FGV.

---

[2] O cálculo do COE da bovinocultura de corte foi baseado no trabalho de MARTHA JUNIOR et al., (2011). Neste, o COE do boi gordo por hectare foi calculado através da fórmula: COE = COE por arroba * produtividade por hectare * taxa de lotação.

O IGP-DI, segundo a FGV (2013), é a média aritmética ponderada de três outros índices de preços: Índice de Preços ao Consumidor (IPC), Índice Nacional de Custo da Construção (INCC) e Índice de Preços por Atacado (IPA), tendo este último índice o peso de 60% na composição do IGP-DI. Este índice reflete a variação de preços dos insumos agrícolas no atacado, o que justifica a escolha deste índice como deflator da série histórica de custos de produção.

4.3 Cálculo do Retorno Operacional e do Risco de cada atividade

Devido à utilização de custos operacionais para cálculo dos retornos de cada atividade agropecuária em estudo, o retorno de cada atividade se refere ao retorno operacional esperado. Para cálculo do retorno operacional, primeiramente, foi calculada a série histórica de receitas obtidas por hectare de cada atividade a partir da equação 7:

$$h_{it} = p_{it}\ x\ q_{it} \qquad (7)$$

Onde:

h_{it} é a receita por hectare referente a venda do produto da atividade agropecuária *i*, no período *t*;

p_{it} é o preço da saca, arroba ou tonelada do produto da atividade agropecuária *i*, no período *t*;

q_{it} é a produtividade, por hectare, da atividade agropecuária *i*, no período *t*.

A partir do cálculo das receitas obtidas por hectare e dos custos operacionais efetivos por hectare, disponibilizados pela FAEG, foram obtidas as séries históricas de retorno operacionais de cada atividade através da equação 8[3]:

$$R_{i,t=}\ ln\left(\frac{h_{i,t}}{c_{i,t-n}}\right) \qquad (8)$$

[3] Os cálculos das taxas de retornos foram realizados no *Microsoft Excel*, versão 2007.

Onde:

$R_{i,t}$ é o retorno operacional logarítmico da atividade agropecuária *i*, no período *t*;

$h_{i,t}$ é a receita por hectare referente a venda do produto da atividade agropecuária *i*, no período *t*;

n é o tempo de duração (em meses) do ciclo de produção da atividade agropecuária *i*;

$c_{i,t-n}$ é o custo operacional efetivo por hectare que incide durante o ciclo de produção da atividade agropecuária *i*.

Para avaliar o risco, Markowitz (1952) ressalta que, quando analisado individualmente, o risco é definido como a medida de dispersão de uma dada série, ou seja, é determinado pelo cálculo da variância (σ^2) ou do desvio-padrão (σ). Desta maneira, o risco de cada atividade foi medido a partir do desvio-padrão da série histórica de seus retornos esperados.

Para comparar os riscos com os retornos de diferentes ativos, tem-se uma medida de dispersão relativa que permite este tipo de análise: o Coeficiente de Variação (CV) GITMAN (2004). A equação 9 fornece esta medida:

$$CV = \frac{\sigma_r}{R_p} \tag{9}$$

Onde:

CV é o coeficiente de variação;

σ_r é o desvio-padrão dos retornos esperados;

R_p é o retorno do portfólio.

Os subtópicos 4.4 e 4.5 apresentam como se deu a análise das séries temporais utilizadas na presente pesquisa quanto à sua estacionariedade e sua volatilidade.

4.4 Testes de estacionariedade

São vários os testes estatísticos para avaliar as condições de estacionariedade de uma série temporal. No presente estudo, para verificação da estacionariedade das séries temporais de retornos operacionais, foram realizados os testes de raiz unitária

Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS) e *Phillips-Perron* (PP)[4]. A escolha de tais testes se explica pelo fato de serem testes de simples aplicação e resultados conclusivos.

Carvalho e Ribeiro (2008) ressaltam que o teste *Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin* é um teste que verifica se uma série tem ou não raiz unitária e cuja hipótese nula é de que a ação testada é estacionária, ou seja, não apresenta raiz unitária.

O segundo teste realizado, *Phillips-Perron*, verifica se uma variável tem uma raiz unitária. A hipótese nula é que a variável contém uma raiz unitária e a hipótese alternativa denota que a variável foi determinada por um processo estacionário. Além disso, o teste *Phillips-Perron* apresenta melhores resultados quando se suspeita que existam quebras estruturais (CARVALHO e RIBEIRO, 2008).

Nos dois testes realizados (*PP e KPSS*), quando os resultados em nível indicaram estacionariedade, o teste em primeira diferença não foi realizado.

4.5 Volatilidades das séries temporais

Para que os investidores do mercado agropecuário possam gerenciar os riscos financeiros de seus investimentos, é necessária a análise de como as séries temporais de preços neste mercado se comportam (AMIN et al., 2008). As séries temporais financeiras comportam-se de maneira não estável no decorrer do tempo, alterando-se constantemente de modo a apresentarem alta volatilidade. Esta alta volatilidade amplia os riscos financeiros assumidos pelos investidores (ARAÚJO e LEITE FILHO, 2012).

A volatilidade indica a intensidade e a frequência das oscilações nos preços de um ativo financeiro em determinado período de tempo. A volatilidade é um dos parâmetros mais utilizados como forma de medir o risco de um ativo. Considera-se que, quanto maior a volatilidade, maior o risco relacionado a este investimento (SIMÕES et al., 2012).

A volatilidade histórica é uma medida de variabilidade das cotações de um ativo em determinado período de tempo. Esta variabilidade está relacionada a uma série de fatores endógenos e exógenos que interferem na formação de preços. Em mercados agropecuários, os preços dos produtos são considerados voláteis, já que acompanham

[4] Os testes de estacionariedade foram executados no *software* estatístico *Eviews* 5.0.

flutuações cíclicas ou sazonais, causadas por fatores edafoclimáticos ou macroeconômicos (AMIN et al., 2008).

Mensurar a volatilidade em um mercado pode auxiliar o investidor na análise de como o mercado está se comportando e, assim, auxiliá-lo no processo de tomada de decisão. A metodologia utilizada nesse trabalho adotou a volatilidade histórica, a qual é mensurada através do desvio-padrão (medida de risco) da série histórica de retornos operacionais de cada atividade agropecuária em determinado período.

Duarte (2007) afirma que a volatilidade história consiste em um método simples de mensuração do risco, através do cálculo do desvio-padrão (σ) de uma série histórica de retornos dos ativos, em um período anterior àquele que se pretende fazer a análise. Deste modo é possível fazer projeções futuras quanto ao comportamento dos dados analisados.

4.6 Cálculo da Matriz de Correlação

Como ressaltado anteriormente com argumentos de Markowitz (1952), o coeficiente de correlação é uma importante variável que compõe a medida do risco total de uma carteira de investimentos. A medida estatística que mede a correlação entre os ativos é o coeficiente de correlação que assume valores entre +1 e -1.

No presente estudo, a matriz de correlação[5] foi construída a fim de dispor a correlação entre os retornos operacionais das diversas atividades agropecuárias em estudo, de forma que se verificasse como cada atividade se relaciona (correlaciona) com as outras atividades que compõem o portfólio. O coeficiente de correlação utilizado para a análise foi o Coeficiente de Correlação de Pearson.

[5] A matriz de correlação entre os retornos das atividades agropecuárias selecionadas para o estudo foi construída com o *software SPSS 9.0.2*.

4.7 Programação Linear

A Programação Linear é uma das técnicas da Pesquisa Operacional em que se objetiva alocar recursos escassos ou limitados em diferentes atividades (PRADO, 2004).

Conforme Andrade (2002) *apud* Mareth et al. (2010), os modelos matemáticos consideram que todas as informações e variáveis relevantes do problema de tomada de decisão podem ser quantificadas. O modelo matemático é uma representação do sistema que está sendo estudado.

Genericamente, Prado (2004) afirma que o modelo de Programação Linear é apresentado a partir da função objetivo (10), suas restrições (11), (12) e (13) e sua condição de não negatividade (14), como se tem a seguir:

$$Maximizar\ ou\ Minimizar\ Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n \tag{10}$$

Sujeito a:

$$a_{11}x_{11} + a_{12}x_{12} + \ldots\ a_{1n}x_{1n} \leq (\geq)\ b_1 \tag{11}$$

$$a_{21}x_{21} + a_{22}x_{22} + \ldots\ a_{2n}x_{2n} \leq (\geq)\ b_2 \tag{12}$$

$$a_{m1}x_{m1} + a_{m2}x_{m2} + \ldots\ a_{mn}x_{mn} \leq (\geq)\ b_m \tag{13}$$

$$x_{1;}\ x_2;\ x_n \geq 0 \tag{14}$$

Onde:

Z é a função objetivo;

a_{ij} $(i = 1, \ldots, m;\ j = 1, \ldots, n)$ são coeficientes técnicos;

$b_1, b_2, \ldots, b_m$ são termos independentes;

$c_1, c_2, \ldots, c_n$ são os coeficientes da função objetivo;

$x_1, x_2, \ldots, x_n$ são as variáveis de decisão (condição de não negatividade).

No presente estudo, a Programação Linear foi uma importante ferramenta que auxiliou na alocação dos recursos financeiros e na distribuição da área total da propriedade rural entre as atividades, mediante uma série de restrições como tamanho da propriedade, capital disponível, área mínima economicamente viável, entre outros.

4.8 Formação dos Portfólios

A priori, foi mensurada a quantidade de combinações possíveis entre as atividades agropecuárias selecionadas para o estudo. Considerando as oito atividades consideradas, tem-se a quantidade de combinações possíveis através da equação 15:

$$C_{n,p} = \frac{n!}{p!\,(n-p)!} \tag{15}$$

Onde:

$C_{n,p}$ é o número de combinações possíveis de serem realizadas;

n é o número de atividades agropecuárias em estudo;

p é o número de atividades que compõem o portfólio.

Posteriormente, foram combinadas diferentes atividades agropecuárias para composição de cada portfólio. Depois de avaliado e selecionado alguns portfólios, foi construída a tabela com tais portfólios, com seus respectivos riscos e retornos esperados e a alocação dos recursos disponíveis (terra e capital).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O capítulo cinco apresenta os resultados alcançados a partir da execução das etapas metodológicas e as discussões da implicação do objetivo geral deste estudo. Nesta seção se encontra a tabela com os portfólios desenvolvidos com seus respectivos riscos e retornos esperados, a alocação dos recursos disponíveis, e as Fronteiras Eficientes.

5.1 Retorno Operacional e Risco das atividades agropecuárias

O cálculo do retorno operacional de cada atividade foi feito a partir das séries históricas mensais de receitas recebidas pelo produtor e dos custos operacionais efetivos, ambos calculados por hectare. Para avaliar a série de retornos operacionais de

cada atividade agropecuária, obtido ao final de seu ciclo produtivo, foi utilizada a equação 16.

$$R_{i,t} = ln\left(\frac{h_{i,t}}{c_{i,t-n}}\right) \tag{16}$$

Onde:

$R_{i,t}$ é o retorno operacional logarítmico da atividade agropecuária *i*, no período *t*;

$h_{i,t}$ é a receita por hectare referente a venda do produto da atividade agropecuária *i*, no período *t*;

n é o tempo de duração (em meses) do ciclo de produção da atividade agropecuária *i*;

$c_{i,t-n}$ é o custo operacional efetivo por hectare que incide durante o ciclo de produção da atividade agropecuária *i*.

Com a finalidade de se obter a série de retornos operacionais médios mensais, foram calculados os retornos operacionais equivalentes ao mês, ou seja, as taxas de retorno foram descapitalizadas de acordo com o período do ciclo de produção de cada atividade agropecuária por meio da equação 17:

$$R_{i,c} = \sqrt[t]{1 + R_{i,t}} - 1 \tag{17}$$

Onde:

$R_{i,\,c}$ é a taxa de retorno operacional equivalente ao mês da atividade agropecuária *i*, no mês c;

t é o ciclo de produção da atividade agropecuária *i*;

$R_{t,\,i}$ é o retorno operacional logarítmico da atividade agropecuária *i*, no período *t*.

Posteriormente, foi calculado o retorno operacional médio de cada série histórica de retornos operacionais de cada atividade agropecuária em estudo. A equação 18 foi a base de cálculo deste indicador.

$$R_{me} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_{i,c}}{n} \tag{18}$$

Onde:

R_{me} é o retorno operacional médio de cada atividade agropecuária em estudo;

$R_{i,\,c}$ é a taxa de retorno operacional equivalente ao mês da atividade agropecuária *i*, no mês c;

n é o número de observações de cada série histórica.

O Risco de cada atividade agropecuária foi medido pelo desvio-padrão (σ) de sua série histórica de retornos operacionais.

O Coeficiente de Variação (CV) de cada atividade agropecuária foi calculado pela razão entre o desvio-padrão (σ) e o retorno operacional médio de cada atividade (R_{me}) conforme expresso na equação 19:

$$CV = \frac{\sigma}{R_{me}} \tag{19}$$

A Tabela 2 expõe os retornos operacionais médios, os riscos e os coeficientes de variação de cada atividade, analisadas individualmente. Como se pode observar, as atividades que apresentaram maior retorno operacional, em ordem decrescente, foram: milho (16,7%), sorgo (15,67%), soja (15,14%), feijão (11,44%), algodão (10,14%), tomate (5,94%), arroz (2,69%) e bovinocultura de corte (2,63%). Quando se analisa o menor nível de risco, verifica-se que, em ordem crescente, a bovinocultura de corte (0,33%), o tomate (1,61%), o arroz (2,73%), a soja (2,85%), o milho (3,23%), o algodão (3,47%), o sorgo (6,41%) e o feijão (6,8%), apresentam esta relação.

Como se pode observar, o milho, a soja e o sorgo, para o período analisado, apresentaram os maiores níveis de retorno operacional. Tais retornos permitem justificar o bom desempenho destas cadeias no agronegócio goiano e seu destaque no cenário nacional na produção de grãos, a qual é cada vez mais tecnificada e altamente produtiva.

Tabela 2: Retornos operacionais médios mensais, Riscos e Coeficientes de Variação de cada atividade agropecuária em estudo

Atividades	Retorno Operacional (%)	Risco (σ) (%)	Coeficiente de Variação (%)
Algodão	10,14	3,47	34,24
Arroz	2,69	2,73	101,62
Bovinocultura de Corte	2,63	0,33	12,42
Feijão	11,44	6,8	59,41
Milho	16,70	3,23	19,34
Soja	15,14	2,85	18,84
Sorgo	15,67	6,41	40,87
Tomate	5,94	1,61	27,06

Fonte: Resultados da pesquisa.

5.2 Testes de estacionariedade das séries temporais

Como já ressaltado, Gujarati (2006) ressalta a necessidade da utilização de séries estacionárias, ou seja, séries históricas que mantém o mesmo padrão estatístico ao longo do tempo. Segundo o autor, a constância dessas variáveis estatísticas permite que tais dados possam ser utilizados como base para realização de projeções futuras.

Para comprovar a estacionariedade das séries históricas de retornos operacionais, aplicaram-se o teste de estacionariedade Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS) e o teste de estacionariedade Phillips-Perron (PP).

O resultado do teste Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS) pode ser verificado na Tabela 3. De acordo com os resultados apresentados observou-se que as séries de retornos em nível com intercepto mostraram ser estacionárias em todos os níveis de significância. Os valores da estatística de Durbin-Watson no Teste KPSS apresentaram valores próximos a 2,0 em todas as séries, provando que o teste foi conclusivo.

Tabela 3: Resultados dos testes de estacionariedade Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin para os retornos operacionais mensais do algodão, arroz, bovinocultura de corte, feijão, milho, soja, sorgo e tomate no Estado de Goiás no período de dezembro de 2008 a maio de 2012

Atividades	Teste KPSS	Valores Críticos			Durbin-Watson	Resultado
		1%	5%	10%		
Algodão	0.122431	0.739000	0.463000	0.347000	1.903.117	Estacionária
Arroz	0.409969	0.739000	0.463000	0.347000	2.148.723	Estacionária
Bovinocultura	0.203651	0.739000	0.463000	0.347000	2.144.090	Estacionária
Feijão	0.120576	0.739000	0.463000	0.347000	2.038.443	Estacionária
Milho	0.332149	0.739000	0.463000	0.347000	2.034.401	Estacionária
Soja	0.156856	0.739000	0.463000	0.347000	2.161.651	Estacionária
Sorgo	0.073410	0.739000	0.463000	0.347000	2.115.228	Estacionária
Tomate	0.115898	0.739000	0.463000	0.347000	1.983.565	Estacionária

Fonte: Resultados da pesquisa.

É comum a realização de mais de um teste de estacionariedade para confirmação da estacionariedade da série estudada. O teste adicional foi o Phillips-Perron (PP) cujo resultado pode ser verificado na Tabela 4. Nesta pode-se observar que o valor da estatística (em módulo) é maior que os valores críticos, ou seja, as séries em análise são estacionárias. Os valores da estatística de Durbin-Watson apresentaram valores próximos a 2,0 em todas as séries comprovando que o teste foi conclusivo.

Tabela 4: Resultados dos testes de estacionariedade Phillps - Perron para os retornos operacionais mensais do algodão, arroz, bovinocultura de corte, feijão, milho, soja, sorgo e tomate no Estado de Goiás no período de dezembro de 2008 a maio de 2012

Atividades	Teste PP	Valores Críticos			Durbin-Watson	Resultado
		1%	5%	10%		
Algodão	-4.617.237	3.752.946	2.998.064	2.638.752	1.978.629	Estacionária
Arroz	-9.522.026	3.752.946	2.998.064	2.638.752	2.072.364	Estacionária
Bovinocultura	-4.975.089	3.752.946	2.998.064	2.638.752	2.004.290	Estacionária
Feijão	-4.749.200	3.752.946	2.998.064	2.638.752	1.935.397	Estacionária
Milho	-4.667.007	3.752.946	2.998.064	2.638.752	1.926.423	Estacionária
Soja	-5.006.802	3.752.946	2.998.064	2.638.752	1.924.683	Estacionária
Sorgo	-4.971.146	3.752.946	2.998.064	2.638.752	1.923.071	Estacionária
Tomate	-4.548.481	3.752.946	2.998.064	2.638.752	1.998.506	Estacionária

Fonte: Resultados da pesquisa.

5.3 Cálculo da Matriz de Correlação

O coeficiente de correlação é uma importante variável para análise do comportamento de uma atividade agropecuária para com a outra em um sistema diversificado. A Tabela 5 apresenta a matriz com todos os coeficientes de correlação (Coeficientes de Correlação de Pearson) entre os retornos operacionais das atividades agropecuárias selecionadas para a pesquisa.

Para Dancey e Reidy (2005) *apud* Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009), quando o coeficiente de correlação de Pearson assume valores absolutos (em módulo) entre 0,00 e 0,30, a correlação entre as duas variáveis é considerada fraca, valores entre 0,30 e 0,70 indicam correlação moderada e valores entre 0,70 até 1,00 indicam que existe forte correlação entre as variáveis analisadas.

De acordo com essa classificação, a partir da Tabela 5, é possível verificar que as atividades que apresentam correlação fraca entre os retornos são: algodão e arroz (0,285), algodão e tomate (0,066), arroz e feijão (-0,086), arroz e milho (-0,157), arroz e soja (-0,159), arroz e sorgo (0,116), arroz e tomate (-0,142), bovinocultura de corte e soja (0,261), feijão e soja (0,023), milho e tomate (-0,147), soja e sorgo (0,270) e soja e tomate (0,211).

As atividades que apresentam correlação moderada entre os retornos são: algodão e feijão (-0, 581), algodão e soja (0, 426), arroz e bovinocultura de corte (0, 478), bovinocultura de corte e feijão (-0, 636), bovinocultura de corte e milho (0, 585), bovinocultura de corte e tomate (-0, 371), feijão e milho (-0,410), feijão e tomate (0,505), milho e sorgo (0,686) e sorgo e tomate (-0,342).

Algodão e bovinocultura de corte (0, 791), algodão e milho (0, 616), algodão e sorgo (0, 761), bovinocultura de corte e sorgo (0, 861), feijão e sorgo (-0,763) e milho e soja (0, 734), de acordo com a classificação proposta, apresentam forte correlação entre os retornos.

Tabela 5: Matriz de correlação entre os retornos operacionais mensais das atividades selecionadas para o estudo

Atividades	Algodão	Arroz	Bovinocultura	Feijão	Milho	Soja	Sorgo	Tomate
Algodão	1	0,285	0,791	-0,581	0,616	0,426	0,761	0,066
Arroz	0,285	1	0,478	-0,086	-0,157	-0,159	0,116	-0,142
Bovinocultura	0,791	0,478	1	-0,636	0,585	0,261	0,861	-0,371
Feijão	-0,581	-0,086	-0,636	1	-0,410	0,023	-0,763	0,505
Milho	0,616	-0,157	0,585	-0,410	1	0,734	0,686	-0,147
Soja	0,426	-0,159	0,261	0,023	0,734	1	0,270	0,211
Sorgo	0,761	0,116	0,861	-0,763	0,686	0,270	1	-0,342
Tomate	0,066	-0,142	-0,371	0,505	-0,147	0,211	-0,342	1

Fonte: Resultados da pesquisa.

5.4 Desenvolvimento do Modelo de Programação Linear

Conforme enfatizado anteriormente, Markowitz (1952) afirma que o risco é quantificado por uma medida de dispersão, no caso pelo desvio-padrão (σ) ou pela variância (σ^2). Desta forma, o modelo de programação linear[6] que determinará como os recursos disponíveis devem ser alocados na propriedade rural, tem como função objetivo a equação proposta por Markowitz (1952) que busca minimizar o risco do portfólio.

A equação 3 apresenta a função objetivo que visa minimizar o risco de cada portfólio, seguida de suas restrições.

$$Minimizar \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j \rho(r_i r_j)\sigma_i \sigma_j} \qquad (3)$$

Onde:

n é o número de atividades agropecuárias que compõem o portfólio;

w_i é a participação (proporção) da atividade agropecuária *i* no portfólio;

w_j é a participação (proporção) da atividade agropecuária *j* no portfólio;

[6] O Modelo de Programação Linear foi desenvolvido no *Microsoft Excel*, versão 2007.

$\rho(r_i, r_j)$ é a correlação entre os retornos operacionais das atividades agropecuárias *i* e *j*;

σ_i é o risco individual (desvio-padrão) em relação ao retorno esperado da atividade agropecuária *i*;

σ_j é o risco individual (desvio-padrão) em relação ao retorno esperado da atividade agropecuária *j*.

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \tag{20}$$

Esta restrição assegura que todos os recursos disponíveis sejam utilizados.

$$R_p = \sum_{i=1}^{n} w_i r_i \geq 0 \tag{21}$$

Esta restrição determina que o retorno operacional do portfólio seja igual a soma das proporções de cada atividade agropecuária vezes seu retorno médio e que o retorno do portfólio seja positivo.

$$w_i \geq 0, i = 1, \dots, n \tag{22}$$

$$w_j \geq 0, j = 1, \dots, n \tag{23}$$

Estas restrições garantem que não exista produção negativa.

$$\sum_{i=1}^{n} a_i = 151 \tag{24}$$

Onde:

a_i = área destinada a atividade *i*, i = 1,...,n;

Esta restrição garante que toda a área da propriedade rural (151 hectares) seja utilizada pela produção conjunta das atividades agropecuárias. O tamanho da área da propriedade rural se define a partir do Censo Agropecuário de 2006. Neste, a área média das propriedades rurais do Estado de Goiás é de 189 hectares, sendo 20% destinados à

Reserva Legal da propriedade, ou seja, 38 hectares, o restante, 151 hectares, se destina à produção agropecuária.

$$a_i \geq C_i, i = 1, \dots, n \tag{25}$$

Onde:

C_i é a área mínima economicamente viável para a atividade agropecuária *i*.

A área mínima economicamente viável é a área mínima que cada atividade agropecuária deve ocupar na propriedade para que haja um equilíbrio entre receita e custos totais incorridos na atividade. A área mínima economicamente viável foi obtida por meio da equação:

$$C_i = \frac{PE}{p} \tag{26}$$

Onde:

PE é o Ponto de Equilíbrio em volume;

p é a produtividade.

O Ponto de Equilíbrio (PE) é o nível de produção em que as receitas recebidas igualam-se às despesas incorridas. Este ponto representa o volume de produção em que o produtor rural não realiza lucro nem prejuízo com a atividade rural. Suas receitas cobrem seus custos de produção, porém o produtor rural só vai obter lucro a partir deste ponto (SANTOS et al., 2002).

De acordo com Santos et al. (2002), o Ponto de Equilíbrio pode ser calculado por meio da equação:

$$PE_{vol} = \frac{CF_{total}}{PV_{un} - CV_{un}} \tag{27}$$

Onde:

PE_{vol} é o ponto de equilíbrio em volume;

CF_{total} é o custo fixo por hectare;

PV_{un} é o preço de venda unitário (saca, arroba ou tonelada);

CV_{un} é o custo variável unitário (saca, arroba ou tonelada).

A partir do cálculo dos pontos de equilíbrio das atividades em estudo, as áreas mínimas economicamente viáveis são: algodão (15 hectares), arroz (42 hectares), bovinocultura de corte (11 hectares), feijão (7 hectares), milho (68 hectares), soja (11 hectares), sorgo (43 hectares) e tomate (40 hectares).

5.5 Número de possíveis combinações de atividades agropecuárias

Os portfólios de atividades agropecuárias apresentados poderão combinar de duas a seis atividades de modo que a proposta da pesquisa atenda a produtores rurais de pequeno, médio e grande porte.

Lembrando que o número de combinações possíveis de serem realizadas é dado pela equação 15, o número de combinações possíveis de serem realizadas a partir das oito atividades agropecuárias selecionadas para o presente estudo é de 238 portfólios, combinados conforme exposto a seguir:

a) Integração com duas atividades: 28 combinações;
b) Integração com três atividades: 56 combinações;
c) Integração com quatro atividades: 70 combinações;
d) Integração com cinco atividades: 56 combinações.
e) Integração com seis atividades: 28 combinações.

Considerando as oito atividades selecionadas para esse estudo, é grande a variedade de portfólios possíveis de serem implementados. O modelo de programação linear desenvolvido neste trabalho permite a verificação do binômio risco e retorno, bem como da alocação dos recursos disponíveis para qualquer portfólio de interesse do investidor.

No próximo tópico tem-se a exposição da tabela com 15 portfólios diferentes. Estes foram desenvolvidos utilizando como critérios a existência de algumas dessas combinações no Estado de Goiás, bem como o potencial econômico, quando se analisa o risco e o retorno esperado, dos portfólios propostos.

5.6 Apresentação dos Portfólios

A partir da Tabela 6 é possível analisar 15 diferentes Portfólios (P), com seus respectivos riscos e retornos operacionais mensais, à disposição do produtor rural e usuários em geral. Esses poderão analisar cada combinação de atividades agropecuárias e optar pela que melhor atenda a seus interesses quanto ao binômio risco e retorno esperado. A Tabela 6 também oferece a maneira como os recursos financeiros disponíveis e a área da propriedade rural devem ser distribuídos entre as atividades agropecuárias que compõem o portfólio.

A partir da Tabela 6, o investidor poderá analisar sete portfólios formados por duas atividades agropecuárias, quatro portfólios compostos por três atividades agropecuárias, dois portfólios combinados com quatro atividades agropecuárias, um portfólio composto por cinco atividades agropecuárias e um portfólio composto por seis atividades agropecuárias. É importante ressaltar que o modelo de programação linear desenvolvido para este estudo, permite o desenvolvimento de novos portfólios que não estejam propostos na tabela e que sejam de interesse do investidor.

Tabela 6: Composição dos Portfólios

Portfólios		Composição dos Portfólios	Capital (%)	Área (%)	Risco (σ)	Retorno operacional esperado	CV (%)
Com 2 atividades	Portfólio 1	Milho	41,97	35,98	2,79%	15,70%	17,79%
		Soja	58,03	64,02			
	Portfólio 2	Soja	89,06	77,25	2,95%	15,26%	19,35%
		Sorgo	10,94	22,75			
	Portfólio 3	Feijão	83,52	48,32	2,27%	13,63%	16,66%
		Sorgo	16,48	51,68			
	Portfólio 4	Arroz	55,80	57,18	1,92%	8,69%	22,06%
		Milho	44,20	42,82			
	Portfólio 5	Feijão	1,27	3,70	1,69%	6,15%	27,49%
		Tomate	98,73	96,30			
	Portfólio 6	Tomate	57,90	78,84	0,34%	3,33%	10,27%
		Bovinocultura de corte	42,10	21,16			
	Portfólio 7	Algodão	10,14	7,94	0,55%	3,22%	16,91%
		Bovinocultura de corte	89,86	92,06			
Com 3 atividades	Portfólio 8	Algodão	39,89	18,69	2,70%	14,77%	18,29%
		Milho	30,37	35,98			
		Soja	29,74	45,33			
	Portfólio 9	Bovinocultura de corte	73,52	58,20	1,40%	8,42%	16,68%
		Milho	23,52	35,98			
		Soja	2,96	5,82			
	Portfólio 10	Sorgo	5,31	22,75	1,70%	7,51%	22,60%
		Soja	8,58	15,33			
		Bovinocultura de corte	86,12	61,92			
	Portfólio 11	Milho	29,23	35,98	0,82%	3,70%	22,05%
		Sorgo	5,99	22,75			
		Bovinocultura de corte	64,78	41,27			
Com 4 ativ.	Portfólio 12	Tomate	79,48	35,45	2,07%	12,56%	16,48%
		Sorgo	3,16	22,75			
		Milho	15,42	35,98			
		Soja	1,94	5,82			
	Portfólio 13	Arroz	16,04	22,22	1,42%	8,43%	16,88%
		Milho	27,46	35,98			
		Soja	3,45	5,82			
		Bovinocultura de corte	53,05	35,98			
Com 5 ativ.	Portfólio 14	Arroz	16,23	22,22	1,27%	9,23%	13,81%
		Milho	27,80	35,98			
		Soja	3,49	5,82			
		Feijão	12,27	9,04			
		Bovinocultura de corte	40,20	26,93			
Com 6 ativ.	Portfólio 15	Arroz	10,52	22,22	1,29%	9,66%	13,35%
		Milho	18,01	35,98			
		Soja	2,26	5,82			
		Feijão	5,21	5,93			
		Tomate	55,41	21,16			
		Bovinocultura de corte	8,59	8,89			

Fonte: Resultados da pesquisa.

O Portfólio 1, composto pelas atividades milho e soja, traz um retorno operacional esperado de 15,70% para um risco de 2,79%. Este portfólio sugere que o investidor destine 41,97% do capital investido à cultura do milho e 58,03% à cultura da soja, bem como 35,98% da área da propriedade rural à cultura do milho e 64,02% da área à cultura da soja. Dentre os portfólios com duas atividades, este é o que oferece maior nível de retorno.

Quando se analisa o Portfólio 2, formado pelas atividades soja e sorgo, tem-se que, para um risco de 2,95%, tem-se um retorno operacional esperado de 15,26%, com 89,06% dos recursos financeiros destinados à cultura da soja e 10,94% destinados à cultura do sorgo. 77,25% da área da propriedade devem ser ocupados pela cultura da soja e 2,74% devem ser ocupados pela segunda atividade que compõe o portfólio.

Feijão e sorgo compõem o Portfólio 3. Este oferece um retorno operacional esperado de 13,63% para um risco de 2,27% e indica que 83,52% do capital disponível devem ser aplicados à cultura do feijão e 16,48% devem ser aplicados à cultura do sorgo. Este portfólio recomenda que 48,32% da área da propriedade sejam utilizados para produção de feijão e 51,68% sejam utilizados para a produção de sorgo.

No Portfólio 4, composto pelas atividades arroz e milho, tem-se um retorno operacional esperado de 8,69% e um risco de 1,92%. Nesta opção 55,80% do capital empregado devem ser destinados ao arroz e 16,48% devem ser destinados ao milho. As proporções de área de 48,32% e 51,68% devem ser alocadas para o arroz e para o milho, respectivamente.

No Portfólio 5, que combina a produção de feijão e tomate, apenas 1,27% do capital deve ser aplicado à cultura do feijão e a maior parte, 98,73%, deve ser aplicada à produção de tomate. Acompanhando esta relação, apenas 3,70% da área devem ser utilizadas com a lavoura de feijão e 96,30% devem ser destinadas à lavoura de tomate, de modo que se obtenha um retorno operacional esperado de 6,15% para um risco de 1,69%.

A bovinocultura de corte está presente em vários sistemas de produção conjunta na agropecuária goiana e brasileira. O primeiro portfólio a apresentar essa atividade é o Portfólio 6 que trás a combinação de tomate e bovinocultura de corte. Esse portfólio apresenta um retorno operacional esperado de 3,33% para um risco de 0,34%. Deste modo, deve-se alocar 57,90% do capital investido à cultura do tomate e 42,10% à pecuária de corte, assim como 78,84% da área para a cultura do tomate e 21,16% para a segunda atividade.

O Portfólio 7, formado pelas atividades algodão e bovinocultura de corte, oferece um retorno operacional esperado de 3,22% para um risco de 0,55%. Nesta combinação, 10,14% do capital deve ser empregado à cultura do algodão e 89,86% deve ser empregado à bovinocultura de corte. 7,94% e 92,06% são as áreas da propriedade rural a serem ocupadas pela cultura do algodão e para a produção do boi gordo para corte, respectivamente.

O Portfólio 8 é o primeiro portfólio exposto na tabela com a combinação de três atividades agrícolas: Algodão, milho e soja. Este representa um retorno operacional esperado de 14,77% e um risco de 2,70%. Como se pode observar na tabela, 39,89% dos recursos financeiros devem ser destinados à produção do algodão, 30,37% devem ser destinados à produção de milho e 29,74% devem ser destinados à produção de soja. 18,69%, 35,98% e 45,33% do total da área disponível devem ser destinadas à cultura do algodão, do milho e da soja, respectivamente.

O Portfólio 9, composto pelas atividades bovinocultura de corte, milho e soja, divide os recursos financeiros de modo que 73,52% sejam investidos na bovinocultura de corte, 23,52% sejam investidos na cultura do milho e 2,96% sejam investidos na cultura da soja. Quanto à área da propriedade rural, esta deve ser distribuída de modo que 58,20% sejam destinadas à bovinocultura de corte, 35,98% sejam destinadas à cultura do milho e 5,82% sejam destinados à cultura da soja. Neste portfólio tem-se um risco de 1,40% e um retorno operacional esperado de 8,42%.

O Portfólio 10 é formado pela combinação de sorgo, soja e pecuária de corte. Para um risco de 1,70%, espera-se um retorno operacional de 7,51%. Este portfólio sugere a alocação de 5,31% do capital à cultura do sorgo, 8,58% à cultura da soja e 86,12% à bovinocultura de corte. Neste portfólio, 22,75% da área total devem ser ocupados pela cultura do sorgo, 15,33% devem ser ocupados pela cultura da soja e 61,92% devem ser ocupados pelo boi gordo para corte.

Milho, sorgo e bovinocultura de corte formam o Portfólio 11. Neste, espera-se um nível de retorno operacional de 3,70% para um risco de 0,82%. O capital investido na produção de milho deve ser de 29,23% do total dos recursos, enquanto que 5,99% e 64,78% destes recursos devem ser alocados à produção de sorgo e à bovinocultura de corte. A área total da propriedade rural deve ser distribuída de modo que 35,98% sejam destinadas à lavoura de milho, 22,75% sejam destinadas à lavoura de sorgo e 41,27% sejam destinadas à bovinocultura de corte.

Os portfólios 12 e 13 trazem a combinação de quatro atividades agropecuárias. O primeiro, Portfólio 12, é composto pelas atividades tomate, sorgo, milho e soja e oferece um retorno operacional esperado de 12,56% para um risco de 2,07%. Os recursos investidos neste portfólio devem ser alocados de maneira que 79,48% sejam aplicados à cultura do tomate, 3,16% sejam aplicados à cultura do sorgo, 15,42% sejam aplicados à cultura do milho e 1,94% seja aplicado à criação de boi gordo para corte. A área da propriedade deve ser alocada nas seguintes proporções para cada atividade: 35,45% para o cultivo de tomate, 22,75% para o cultivo de sorgo, 35,98% para o cultivo de milho e 5,82% para o cultivo de soja.

Quando se analisa o Portfólio 13, que combina arroz, milho, soja e bovinocultura de corte, tem um retorno operacional de 8,43% para um rico de 1,42%. Este portfólio sugere que 16,04% dos recursos financeiros aplicados na propriedade rural sejam alocados para a produção de arroz, 27,46% sejam alocados para a produção de milho, 3,45% sejam alocados à produção de soja e 53,05% sejam alocados à produção de gado de corte. A área total da propriedade rural deve ser distribuída de modo que 22,22% da área sejam destinados à produção de arroz, 35,98% sejam destinados à produção de milho, 5,82% sejam destinados à produção de soja e 35,98% sejam destinados à produção de gado de corte.

Por fim, a Tabela 6 traz dois portfólios com um número maior de atividades rurais: o Portfólio 14 e o Portfólio 15. Estes números de atividades agropecuárias, normalmente é implantado em propriedades rurais de médio e grande porte.

O Portfólio 14 combina arroz, milho, soja, feijão e bovinocultura de corte e oferece um retorno operacional de 9,23% para um risco de 1,27%. Deste modo, este portfólio sugere a destinação de 16,23% do capital investido para a cultura do arroz, 27,80% para a cultura do milho, 3,49% para a cultura da soja, 12,27% para a cultura do feijão e 40,20% para a bovinocultura de corte. A área total da propriedade rural neste portfólio deve ser distribuída para cada atividade implantada nas seguintes proporções: 22,22% para o arroz, 35,98% para o milho, 5,82% para a soja, 9,04% para o feijão e 26,93% para a bovinocultura de corte.

O Portfólio 15 adiciona o cultivo do tomate ao Portfólio 14 e traz um retorno operacional de 9,66% para um risco de 1,29%. Este portfólio recomenda a alocação do capital a ser investido em cada atividade nas seguintes proporções: 10,52% para o arroz, 18,01% para o milho, 2,26% para a soja, 5,21% para o feijão, 55,41% para o tomate e 8,89% para a bovinocultura de corte. A área da propriedade deve ser distribuída nas

seguintes proporções: 22,22% para o arroz, 35, 98% para o milho, 5,82% para a soja, 5,93% para o feijão, 21,16% para o tomate e 8,89% para a bovinocultura de corte.

A Figura 10 representa os níveis médios mensais de retorno operacional e de risco de cada Portfólio (P) que compõe a Tabela 6. Vale ressaltar que a figura expõe a lei de mercado que ressalta que quanto maior o retorno, maior o risco.

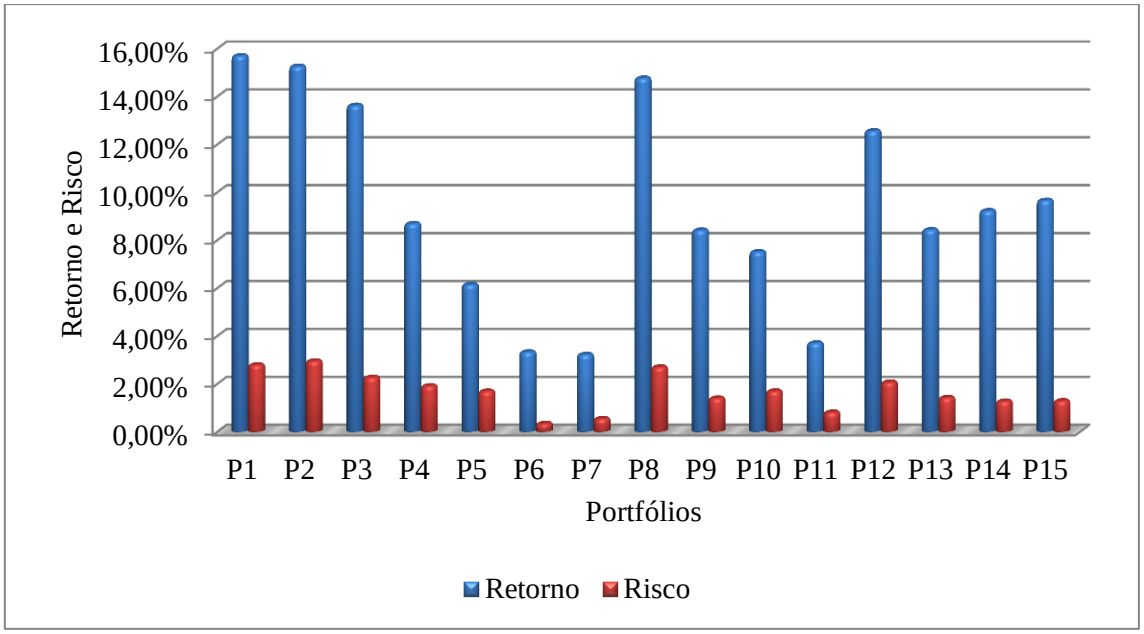

Figura 9: Nível de Risco e Retorno Operacional dos Portfólios propostos
Fonte: Resultados da pesquisa.

A partir da Tabela 7 é possível verificar os limites inferior e superior do retorno operacional esperado de cada portfólio quando se considera um intervalo de confiança de 95%. Essa exposição viabiliza a análise do investidor quanto aos níveis de retornos esperados de cada portfólio.

Tabela 7: Limite Inferior e Limite Superior do Retorno Operacional Esperado de cada Portfólio

Portfólio	Limite Inferior	Limite Superior
P1	14,58%	16,82%
P2	14,08%	16,44%
P3	12,72%	14,53%
P4	7,92%	9,45%
P5	5,47%	6,82%
P6	3,19%	3,47%
P7	3,01%	3,44%
P8	13,69%	15,85%
P9	7,86%	8,98%
P10	6,83%	8,19%
P11	3,37%	4,03%
P12	11,73%	13,39%
P13	7,86%	9,00%
P14	8,72%	9,74%
P15	9,14%	10,18%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Através da Tabela 6 é possível extrair outra relevante informação para o contexto do presente estudo: o potencial e os limites da diversificação no processo de minimização de risco. Esta relação é detalhada na Tabela 8.

Quando se analisa a monocultura do milho em uma propriedade rural, tem-se um risco de 3,23%. Quando se acrescenta outra atividade rural na propriedade, no exemplo a soja, tem-se um risco de 2,79%, ou seja, com a adição da nova atividade houve uma redução de 13,62% do risco. Do mesmo modo, acrescentando-se a terceira atividade, a bovinocultura de corte, o risco reduz ainda mais, de 2,29% para 1,40%, isto é, houve redução de 38,38% do risco com a adição da nova atividade.

Entretanto, outra relação pode ser verificada com a implantação de novas atividades para formação de novos portfólios. A partir do Portfólio 9, composto por três atividades, não é viável acrescentar novas atividades na propriedade rural visto que os pequenos decréscimos que ocorrem no risco não compensam tal implantação, devido aos custos que esta implica. Essa relação expõe que há um limite para a minimização do risco diversificável (não-sistêmico), não compensando adicionar novas atividades ao portfólio.

Tabela 8: Potenciais e limites da diversificação

Atividades/Portfólio (P)	Risco (σ)
Milho	3,23%
Milho e soja (P1)	2,79%
Milho, soja, bovinocultura de corte (P9)	1,40%
Milho, soja, bovinocultura de corte, arroz (P13)	1,42%
Milho, soja, bovinocultura de corte, arroz, feijão (P14)	1,27%
Milho, soja, bovinocultura de corte, arroz, feijão, tomate (P15)	1,29%

Fonte: Resultados da pesquisa.

A partir da Figura 13 é possível verificar o que foi exposto na Tabela 8. Até o Portfólio 9 (P9), com três atividades, é possível reduzir consideravelmente o risco diversificável (não-sistêmico), porém a partir desse ponto, avaliado nessa situação como um ponto de inflexão, não é compensatório implementar novas atividades na propriedade rural devido às ínfimas variações que ocorrem no risco, independente do número de atividades implantadas.

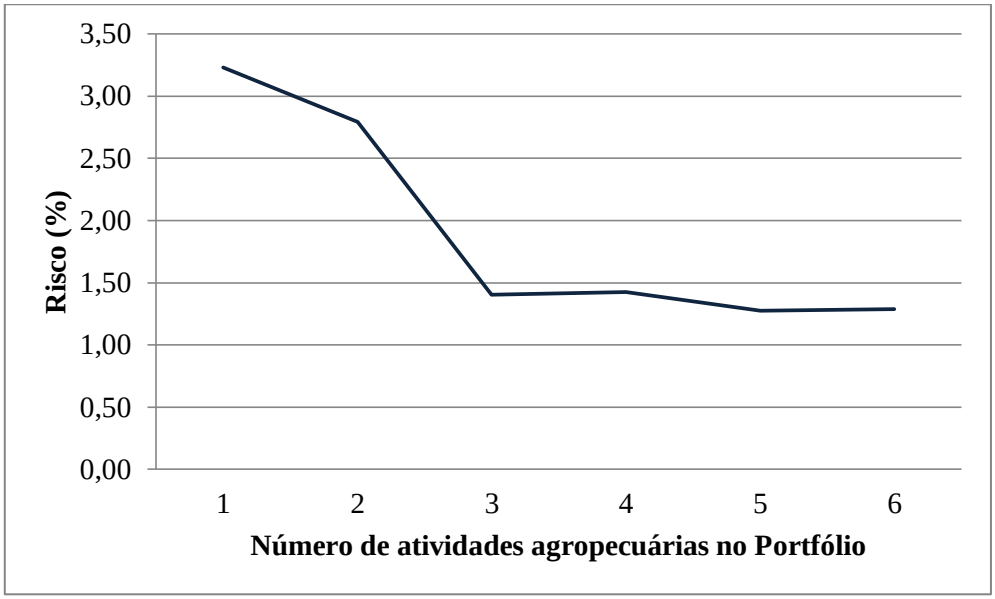

Figura 10: Limites da diversificação
Fonte: Resultados da pesquisa.

5.7 Fronteiras Eficientes

Este tópico apresenta a fronteira eficiente referente ao Portfólio 1. As fronteiras eficientes construídas a partir da otimização dos demais portfólios que compõem a Tabela 6, são apresentadas no Apêndice.

A fronteira eficiente referente ao Portfólio 1, exposta na Figura 11, representa o risco e o retorno operacional esperado para diversas combinações entre as atividades milho e soja. Cada ponto localizado ao longo da fronteira é uma combinação eficiente das atividades que compõem este portfólio. Cabe ao usuário escolher o ponto que maximiza sua utilidade, ou seja, que melhor atenda a seus interesses.

A fronteira eficiente do Portfólio 1 é formada pelos 12 pontos derivados da Tabela 9, exposta abaixo, que oferecem ao produtor rural diferentes níveis de risco e retorno associados ao Portfólio 1, além das alocações ótimas de recursos financeiros e área para cada ponto traçado. Para maximizar sua satisfação, o produtor rural deve escolher um ponto localizado ao longo da fronteira.

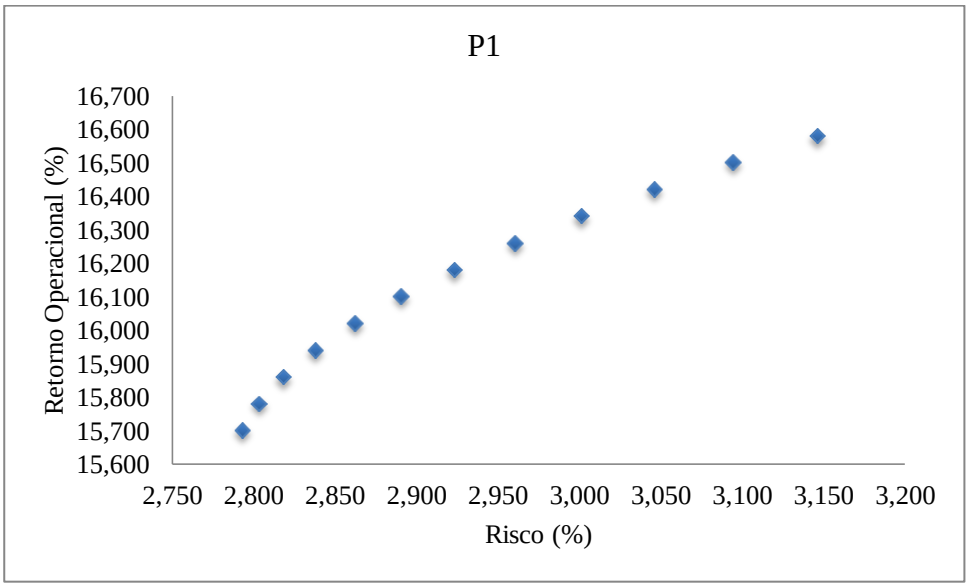

Figura 11: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 1.
Fonte: Resultados da pesquisa.

A partir da Tabela 9 é possível verificar o ponto mínimo de risco oferecido pelo Portfólio 1, 2,79%, bem como o nível de retorno operacional esperado e as alocações dos recursos capital e terra neste ponto (Pt.1). Os demais pontos que formam essa

fronteira eficiente (Pt. 2, Pt. 3, Pt. 4, Pt. 5, Pt. 6, Pt. 7, Pt. 8, Pt. 9, Pt. 10, Pt. 11 e Pt. 12) oferecem outras combinações das atividades milho e soja com seus respectivos riscos e retornos operacionais esperados.

Como pode ser observado, a maior participação da cultura do milho no portfólio, em termos de capital e área, e a menor participação da cultura da soja no mesmo, leva a um aumento do risco do portfólio e, consequente aumento do retorno operacional, já que, quanto maior o risco admitido, maior o nível de retorno, conforme já ressaltado.

Tabela 9: Níveis de Risco e Retorno Operacional que compõem a fronteira eficiente referente ao Portfólio 1.

Portfólio 1					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Milho	2,793%	15,700%	41,97%	35,98%
	Soja			58,03%	64,02%
Pt. 2	Milho	2,803%	15,780%	47,32%	41,11%
	Soja			52,68%	58,89%
Pt. 3	Milho	2,818%	15,860%	52,53%	46,24%
	Soja			47,47%	53,76%
Pt. 4	Milho	2,838%	15,940%	57,61%	51,37%
	Soja			42,39%	48,63%
Pt. 5	Milho	2,862%	16,020%	62,57%	56,50%
	Soja			37,43%	43,50%
Pt. 6	Milho	2,891%	16,100%	67,39%	61,63%
	Soja			32,61%	38,37%
Pt. 7	Milho	2,924%	16,180%	72,10%	66,76%
	Soja			27,90%	33,24%
Pt. 8	Milho	2,961%	16,260%	76,70%	71,89%
	Soja			23,30%	28,11%
Pt. 9	Milho	3,001%	16,340%	81,19%	77,03%
	Soja			18,81%	22,97%
Pt. 10	Milho	3,046%	16,420%	85,56%	82,16%
	Soja			14,44%	17,84%
Pt. 11	Milho	3,095%	16,500%	89,83%	87,29%
	Soja			10,17%	12,71%
Pt. 12	Milho	3,146%	16,580%	94,00%	92,41%
	Soja			6,00%	7,59%

Fonte: Resultados da pesquisa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS PARA NOVOS ESTUDOS

A aplicação da Teoria do Portfólio proposta por Markowitz (1952) exigiu o conhecimento da taxa de retorno esperado para cada uma das atividades agropecuárias a serem inseridas no portfólio, do risco, quantificado pelo desvio-padrão, e do comportamento dos retornos operacionais de cada atividade em relação aos retornos operacionais das demais atividades que compõem a combinação (correlação).

O que se conclui a partir dessa teoria é que é possível que o agropecuarista se proteja dos riscos financeiros inerentes ao mercado sem recorrer a mecanismos comumente utilizados como o mercado futuro. O produtor rural pode desenvolver proteção (*hedge)* de modo simples, produzindo diferentes atividades agropecuárias de maneira conjunta de modo a amenizar os efeitos provenientes das oscilações de preços.

A metodologia proposta neste estudo não constitui a palavra final no processo de tomada de decisão do produtor rural. O conhecimento de especialistas no processo decisório é indispensável para a complementaridade e constante aperfeiçoamento do que se propôs.

A partir do fornecimento de dados de propriedades rurais que adotem sistemas de produção conjunta, é possível analisar como estas se comportam frente ao binômio risco-retorno de seus portfólios a partir da metodologia desenvolvida. À medida que se tem conhecimento de outros dados, eles poderão ser substituídos no modelo de modo a fornecer novos resultados.

Além disso, em um contexto onde se busca a conservação do meio ambiente por meio da manutenção das florestas e pela recuperação de solos degradados, a intensificação na utilização das áreas agricultáveis é uma necessidade. A diversificação com integração de atividades rurais para gerar renda sem comprometer o meio ambiente é uma alternativa para o produtor que pretende se enquadrar nos mais modernos moldes do desenvolvimento econômico-sustentável.

Em novos estudos podem-se inserir restrições ao modelo referentes à rotação de culturas que envolvem sistemas de Integração Lavoura Pecuária possibilitando novos resultados relacionados a esse sistema, cada vez mais utilizado pelos produtores.

Espera-se que o presente estudo possa auxiliar o produtor rural e outros usuários no processo de tomada de decisão quanto à aplicação de seus investimentos e possibilite que estes se protejam dos riscos financeiros envolvidos na produção agropecuária.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Mapa das Plantas Frigoríficas.** Disponível em: < http://www.abiec.com.br/2_mapa.asp>. Acesso em: 16 Mar. 2012.

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Pecuária Brasileira.** Disponível em: <http://www.abiec.com.br/3_pecuaria.asp>. Acesso em: 16 Mar. 2012.

AMIN, M. M.; MONTE L. F.; CORREIA A.C.; SANTOS, D. C. G. **O impacto da volatilidade nos preços recebidos pelos produtores do café no mercado internacional.** In: XLVI Congresso Brasileiro de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008, Rio Branco. Anais. Brasília: SOBER, 2008. p. 1-21.

ARAUJO, J. M. de; LEITE FILHO, P. A.M. **Modelagem da volatilidade apresentada pelos índices IVBX-2 e SMLL em 2008 usando modelos da família ARCH.** Revista de Administração Mackenzie, São Paulo, v. 13, n. 4, Ago. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-69712012000400005&lang=pt>. Acesso em 02 Fev. 2013.

ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 1ª Ed. São Paulo: Atlas, 2003. 609 p.

ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G. **Curso de administração financeira**. 1ª Ed. São Paulo: Atlas, 2009. 822 p.

AZEVEDO, L.F.; OLIVEIRA, T.P.O.; PORTO, A.G.; SILVA, F., S. **A capacidade estática de armazenamento de grãos no Brasil**. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008, Rio de Janeiro-RJ. P. 1-14. Disponível em:<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_069_492_11589.pdf>. Acesso em 12 Mai. 2012.

BASF - Badische Anilin und Soda-Fabrik. **Um Planeta Faminto e a Agricultura Brasileira** (2010). Disponível em: < http://www.basf.com.br/default.asp?id=6298>**.** Acesso em 05 Mai. 2012.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. **Indicadores da agropecuária.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/> Acesso em: 06 Mar. 2012.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção agrícola municipal.** Disponível em: < http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 Mai. 2013.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Índices, Preços e Custos.** Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#indicadores>. Acesso em: 19 Mai. 2012.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo Agropecuário 2006.** Ministério do Desenvolvimento Agrário e Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2006.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** - MAPA. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em 12 Mar. 2013.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC. **Estatísticas de Comércio Exterior.** Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/index.php?area=5>. Acesso em Jul. 2011.

BUENO, R. L. S. **Econometria de Séries Temporais**. 1ª Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 320 p.

CALDARELLI, C. E.; BACCHI, M. R. P. **Fatores de influência do preço do milho no Brasil.** Texto para Discussão, Embrapa Informação Tecnológica. Brasília-DF, 2010. Disponível em: <http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/folderTextoDiscussao/arquivos-pdf/Texto- 9_30-03-11.pdf>. Acesso em: 15 Abr. 2012.

CANTÚ, V.Z., MENEZES, E.A. **Seleção de um portfólio eficiente através da diversificação de ativos financeiros.** Disponível em: <http://www.peteps.ufsc.br/novo/attachments/098_Portfolio.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2011.

CARVALHO, J.L; PAGLIUCA, L.G. **Tomate, um mercado que não pára de crescer globalmente,** 2007. Disponível em:<http://www.dag.ufla.br/site/_adm/upload/file/Luciane%20Vilela%20Resende/tomate%20artigo.pdf>. Acesso em 10 Mai. 2012.

CARVALHO, L. F.; RIBEIRO, K. C.S. **Teste de Previsibilidades de Retornos de ações que compõem o IGC.** In: XI SemeAd, Empreendedorismo em Organizações, 2008, São Paulo. Disponível em: < http://www.ead.fea.usp.br/semead/11semead/resultado/an_resumo.asp?cod_trabalho=555>. Acesso em Ago. 2012.

CARVALHO, T. F.; MAIA, M. V.; BARBEDO, C. H. S. **O efeito da diversificação no valor das empresas listadas em bolsa no Brasil.** RAM, Rev. Adm. Mackenzie, São Paulo, v. 13, n. 1, Fev. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S167869712012000100005&lang=pt>. Acesso em 04 Abr. 2013.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do Agronegócio.** Disponível em:< http://cepea.esalq.usp.br/pib/>. Acesso em 14 Out. 2012.

COELHO, A. M.; CASELA, C.R.; GUIMARÃES, D.,P.; et al. **Cultivo do Sorgo.** Sistemas de Produção, 2. Embrapa Milho e Sorgo. Versão eletrônica, 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_5_ed/index.htm>. Acesso em: 18 Mar. 2012.

DILL,R.P., SOUZA, F. C., BORBA, J.A. **Uma proposta de um modelo de otimização do portfólio para as culturas de verão.** Revista Custos e Agronegócio *on line* - vol. 6, nº 3, set-dez, 2011. p. 90-110.

DUARTE, E. F. M. **Análise das relações entre a volatilidade histórica e implícita ea volatilidade realizada do índice PSI-20**. Conocimiento, innovación y empreendedores: Camino al futuro, 2007. p. 928-943.

DUARTE, J.O. **A Produção de Sorgo Granífero no Brasil**. Sistemas de Produção, 2. Embrapa Milho e Sorgo. Versão eletrônica, _____. Disponível em: < http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo/mercado.htm>. Acesso em: 15 Mar 2012.

ESTEVES, M. **Embrapa, indústria e produtores implantam produção integrada de tomate em Goiás.** Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2007/agosto/4a-semana/embrapa-industria-e-produtores-implantam-producao-integrada-de-tomate-em-goias/>. Acesso em: 16 Mar. 2012.

FAEG - Federação de Agricultura e Pecuária do Estado de Goiás. **Custo de produção.** Disponível em: <http://www.faeg.com.br>. Acesso em 12 Jan. 2012.

FGV - Fundação Getúlio Vargas. **Índice Geral de Preços (IGP).** Disponível em: <http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=402880811D8E34B9011D92B6B6420E96>. Acesso em 20 Jan. 2013.

FIGUEIREDO FILHO D. B., SILVA JUNIOR J. A. **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r).** Revista Política Hoje, vol. 18, nº 1, 2009.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 10ª Ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004. 745 p.

GOIAZ, A. **Algodão recupera seu espaço.** Revista Campo, Goiânia, Ano XIII, p. 22-23, jun. 2011.

GUIMARAES, M. F.; NOGUEIRA, J.M. **A experiência norte-americana com o seguro agrícola: lições ao Brasil?**. Revista de Economia Rural. Brasília, v. 47, n. 1, Mar. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032009000100002&script=sci_arttext>. Acesso em 12 Mai. 2012.

GUJARATI, Damodar N. **Econometria Básica.** 4ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 817 p.

HULL. J. C. **Fundamentos dos mercados futuros e de opções.** 4ª Ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2005. 712p.

IMB - Instituto Mauro Borges. **Goiás em dados.** Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/> Acesso em 14 Out. 2011a.

IMB - Instituto Mauro Borges. **Goiás no Contexto Nacional.** Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/>. Acesso em 14 Out. 2011b.

KIMURA, H. **Administração de riscos em empresas agropecuárias e agroindústrias.** Caderno de Pesquisa em Administração. São Paulo, V1, nº 7, 2º Trim. 1998. p. 51-61.

LAZZAROTTO, J. J. **Desempenho econômico e riscos associados à integração lavoura-pecuária no Estado do Paraná**. 2009. 176f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

LOPES, R. L. ; CAIXETA FILHO, J. V. **Suinocultura no estado de Goiás: aplicação de um modelo de localização.** Pesquisa Operacional (Impresso), Brasil, v. 20, n. 2, p. 213-232, 2000.

MARETH, T.; PAIM, E. S. E.; PIENIZ, L. P.;, ERTHAL,F. S.; **Programação linear como ferramenta de apoio a gestão de custos: um estudo de caso em uma indústria de usinagem**. In: XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2010, Bento Gonçalves. p. 1-12.

MARKOWITZ, H. M. **Portfolio selection.** The Journal of Finance, v.7, n.1, p. 77-91, 1952.

MARTHA JUNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. **Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 46, n. 10, Out. 2011. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2011001000002&script=sci_arttext>. Acesso em 12 Jul. 2012

MARQUES, P.V.; MELLO, P.C.; MARTINES FILHO, J.G. **Mercados futuros agropecuários: exemplos e aplicações para o mercado brasileiro.** 1ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 240p.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. de; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. **Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA**. Agricultura em São Paulo. São Paulo: 1976.

MEADOWS, D. L.; MEADOWS, D. H; RANDERS, J.; BEHRENS, W.W. **Os Limites do Crescimento**. 1ª Ed. São Paulo: Perspectiva, 1972.

MENDES, J.T.G; PADILHA JUNIOR, J.B. **Agronegócio: uma abordagem econômica**. 1ª Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007. 384 p.

MENDONÇA, M. R.; THOMAZ JÚNIOR, A. **A modernização da agricultura nas áreas de Cerrado em Goiás (Brasil) e os impactos sobre o trabalho**. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm. 55, p. 97-121, 2004.

MINOZZO, C. P.; GIACOMELLI, J. R.. **Comparação de carteiras na fronteira eficiente utilizando multiplicadores de Lagrange.** XV SIMPEP novembro de 2008. Bauru, SP.

MINOZZO, C. P.; MENEZES E. A.; GIACOMELLI; J. R**. Comparação de carteiras na fronteira eficiente utilizando multiplicadores de Lagrange.** Disponível em:<http://www.rodrigofernandez.com.br/ecomp/ref/ativos_lagrange.pdf>. Acesso em 15 Out. 2011.

MOREIRA, V. R.; BARREIROS, R.,F.; PROTIL, R., M. **Portfolio de produção agropecuária e gestão de riscos de mercado nas cooperativas do agronegócio paranaense.** Revista de Administração, São Paulo, v. 46, n. 4, Dez. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-21072011000400001&lang=pt>. Acesso em 02 Mai. 2012.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development. **Economic, Environmental and Social Statistics.** Disponível em: < http://www.oecd.org/ >. Acesso em: 12 Nov 2011.

OLIVEIRA NETO, O.J. **Análise das operações de *hedge* do boi gordo no mercado futuro da BM&F para o Estado de Goiás.** 2008. 96p. Dissertação (Mestrado em Agronegócio). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

OLIVEIRA NETO, O.J., MACHADO, A. G., FIGUEIREDO, R. S. **Comportamento da base e análise do risco de base na comercialização do boi gordo no estado de Goiás, Brasil.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, vol. 39, n°. 3, jul.-set. 2009. p. 206-217.

OLIVEIRA NETO, O.J.; FIGUEIREDO, R. S. **Análise das operações de *hedge* do boi gordo no mercado futuro da BM&F para o Estado de Goiás.** Revista Gestão e Planejamento, Salvador, vol. 9, n°. 1, jan.-jun. 2008. p.77-93.

OZAKI, V.A. **Métodos atuariais aplicados à determinação da taxa de prêmio de contratos de seguro agrícola: um estudo de caso.** 2005. Tese (Doutorado em Economia Aplicada). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-11072005-160540/>. Acesso em: 11 Set. 2012.

PINDYCK, R. S., RUBINFELD, D. L. **Econometria.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. Tradução de: Econometric models and economic forecastes, 4th Ed.
PRADO, D. S. do. **Programação Linear**. 4ª Ed. Nova Lima - MG: INDG Tecnologia e serviços Ltda., 2004.

RICHETTI, A.; ARAÚJO, A. E.; MORELLO, C. L.; et al. **Cultura do Algodão no Cerrado.** Sistemas de Produção, 2. Embrapa Algodão. Versão eletrônica, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/index.htm>. Acesso em: 15 Ago. 2012.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. **Princípios da administração financeira.** 2ª Ed. São Paulo: 2009. 525 p.

SÁ, G. T. de. **Investimentos no mercado de capitais.** Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico: Bolsa de Valores, 1979.

SANTOS, G. J.; MARION, J. C.; SEGATTI, S. **Administração de custos na agropecuária.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 165 p.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I; LHAMBY, J. C. B. L. **Análise de risco em quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, em Passo Fundo, RS.** Pesquisa Agropecuária Tropical, vol. 34, nº 4, abr. 1999.

SILVA NETO, S., P.; VELOSO, R.F. **Sustentabilidade da soja no centro-oeste e o custo financeiro.** Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/359/>. Acesso em 14 Mai. 2012.

SILVA, J. B. C; GIORDANO, L.B.; FUTUMOTO, O. **Cultivo de Tomate para Industrialização.** Embrapa Hortaliças. Versão eletrônica, 2006. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/importancia.htm>. Acesso em: 18 Mar. 2012.

SILVA, L.G. **Análise de Portfólio – Riscos e Efeitos da Diversificação.** Disponível em: < http://artigocientifico.uol.com.br/uploads/artc_1165583195_99.pdf>. Acesso em: 22 Jul. 2011.

SIMÕES, A. R. P.; MOURA, A. D. de. **Análise de risco do desempenho econômico de um sistema de recria de gado de corte em regime de pastejo rotacionado.** Revista de Economia e Agronegócio. 2006, vol. 4, n. 1, p. 75-97.

SIMÕES, M.D.; KLOTZLE, M. C; PINTO, C. F.; LEVRINI,G. **Uma avaliação da volatilidade dos preços da soja no mercado internacional com dados de alta frequência.** Gestão e Produção, São Carlos, v. 19, n. 1, 2012. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2012000100015&script=sci_arttext>. Acesso em 03 Mar. 2013.

VASCONCELOS, M.,A.,S. **Economia: micro e macro**. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2001.

WANDER, A.E. **Perspectiva de mercado interno e externo para o feijão.** In: VIII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão – CONAFE. Goiânia - GO: Out. de 2005.

WAQUIL, P. D., MIELE, M., SCHULTZ., G. **Mercados e comercialização de produtos agrícolas.** 1ª Ed. Porto Alegre - RS: Editora da UFRGS, 2010. 71p.

YOKOYAMA, L.P.; et al. **Cultivo do Feijoeiro Comum.** Sistemas de Produção, 2. Embrapa Algodão. Versão eletrônica, 2003. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/importancia.htm>. Acesso em: 15 Ago. 2012.

8. APÊNDICE

Tabela A 1: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 2

Portfólio 2					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Soja	2,953%	15,261%	89,06%	77,25%
	Sorgo			10,94%	22,75%
Pt. 2	Soja	3,081%	15,291%	85,82%	71,62%
	Sorgo			14,18%	28,38%
Pt. 3	Soja	3,242%	15,321%	82,30%	65,98%
	Sorgo			17,70%	34,02%
Pt. 4	Soja	3,432%	15,351%	78,49%	60,35%
	Sorgo			21,51%	39,65%
Pt. 5	Soja	3,647%	15,381%	74,34%	54,72%
	Sorgo			25,66%	45,28%
Pt. 6	Soja	3,882%	15,411%	69,80%	49,08%
	Sorgo			30,20%	50,92%
Pt. 7	Soja	4,134%	15,441%	64,82%	43,45%
	Sorgo			35,18%	56,55%
Pt. 8	Soja	4,400%	15,471%	59,32%	37,82%
	Sorgo			40,68%	62,18%
Pt. 9	Soja	4,677%	15,501%	53,22%	32,18%
	Sorgo			46,78%	67,82%
Pt. 10	Soja	4,963%	15,531%	46,43%	26,55%
	Sorgo			53,57%	73,45%
Pt. 11	Soja	5,26%	15,56%	38,80%	20,91%
	Sorgo			61,20%	79,09%
Pt. 12	Soja	5,56%	15,59%	30,19%	15,28%
	Sorgo			69,81%	84,72%

Fonte: Resultados da pesquisa.

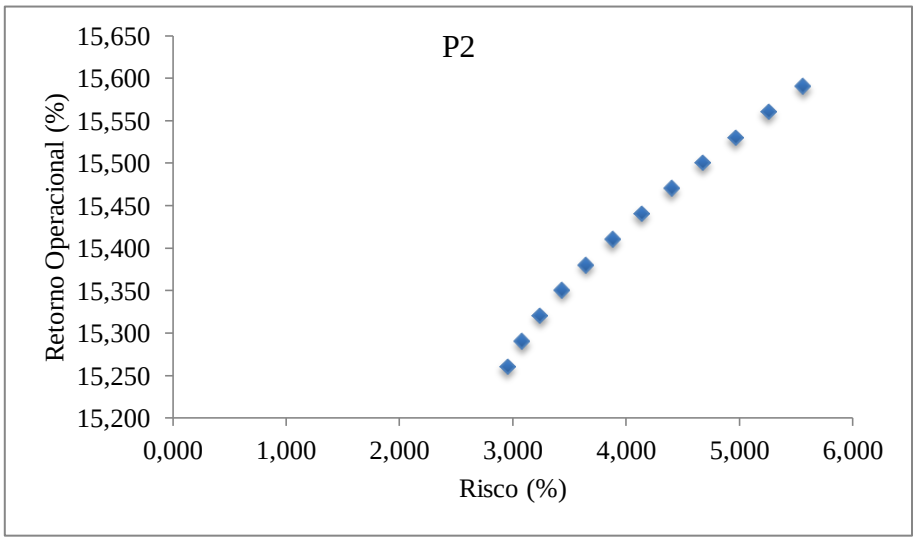

Figura A 1: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 2.
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A 2: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 3

Portfólio 3					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Feijão	2,270%	13,626%	83,52%	48,32%
	Sorgo			16,48%	51,68%
Pt. 2	Feijão	2,272%	13,656%	83,12%	47,61%
	Sorgo			16,88%	52,39%
Pt. 3	Feijão	2,277%	13,686%	82,72%	46,91%
	Sorgo			17,28%	53,09%
Pt. 4	Feijão	2,285%	13,716%	82,31%	46,20%
	Sorgo			17,69%	53,80%
Pt. 5	Feijão	2,297%	13,746%	81,89%	45,49%
	Sorgo			18,11%	54,51%
Pt. 6	Feijão	2,312%	13,776%	81,46%	44,78%
	Sorgo			18,54%	55,22%
Pt. 7	Feijão	2,330%	13,806%	81,02%	44,07%
	Sorgo			18,98%	55,93%
Pt. 8	Feijão	2,352%	13,836%	80,58%	43,36%
	Sorgo			19,42%	56,64%
Pt. 9	Feijão	2,376%	13,866%	80,12%	42,65%
	Sorgo			19,88%	57,35%
Pt. 10	Feijão	2,404%	13,896%	79,65%	41,95%
	Sorgo			20,35%	58,05%
Pt. 11	Feijão	2,43%	13,93%	79,18%	41,24%
	Sorgo			20,82%	58,76%
Pt. 12	Feijão	2,47%	13,96%	78,69%	40,53%
	Sorgo			21,31%	59,47%

Fonte: Resultados da pesquisa.

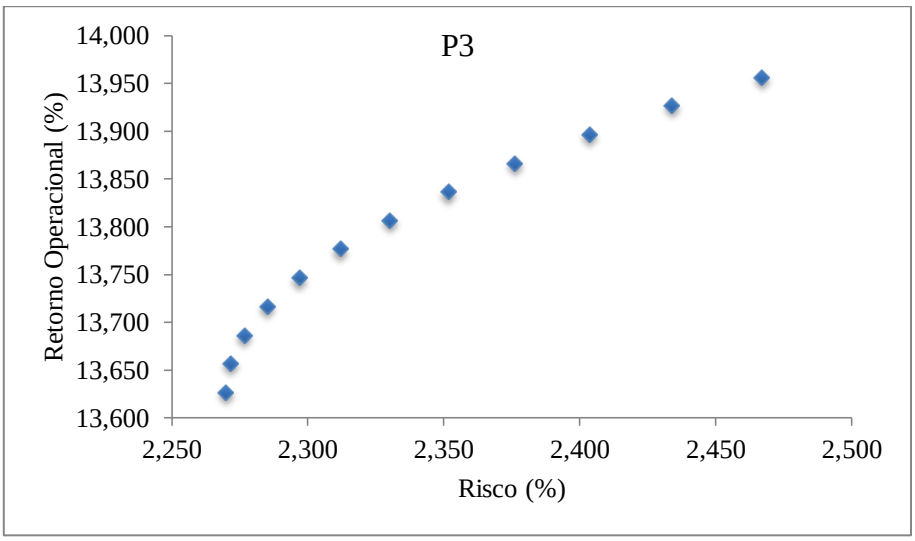

Figura A 2: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 3.
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A 3: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 4

Portfólio 4					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Arroz	1,916%	8,688%	55,80%	57,18%
	Milho			44,20%	42,82%
Pt. 2	Arroz	1,916%	8,768%	55,23%	56,61%
	Milho			44,77%	43,39%
Pt. 3	Arroz	1,917%	8,848%	54,65%	56,04%
	Milho			45,35%	43,96%
Pt. 4	Arroz	1,918%	8,928%	54,08%	55,46%
	Milho			45,92%	44,54%
Pt. 5	Arroz	1,919%	9,008%	53,50%	54,89%
	Milho			46,50%	45,11%
Pt. 6	Arroz	1,921%	9,088%	52,93%	54,32%
	Milho			47,07%	45,68%
Pt. 7	Arroz	1,922%	9,168%	52,36%	53,75%
	Milho			47,64%	46,25%
Pt. 8	Arroz	1,925%	9,248%	51,78%	53,18%
	Milho			48,22%	46,82%
Pt. 9	Arroz	1,927%	9,328%	51,21%	52,61%
	Milho			48,79%	47,39%
Pt. 10	Arroz	1,930%	9,408%	50,64%	52,04%
	Milho			49,36%	47,96%
Pt. 11	Arroz	1,93%	9,49%	50,07%	51,47%
	Milho			49,93%	48,53%
Pt. 12	Arroz	1,94%	9,57%	49,50%	50,90%
	Milho			50,50%	49,10%

Fonte: Resultados da pesquisa.

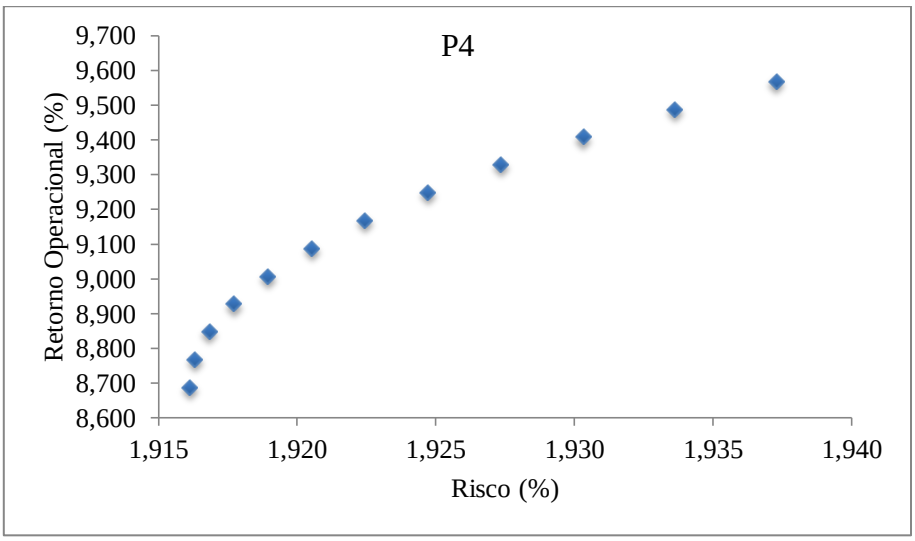

Figura A 3: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 4
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A 4: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 5

Portfólio 5					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Feijão Tomate	1,689%	6,145%	1,27% 98,73%	3,70% 96,30%
Pt. 2	Feijão Tomate	1,703%	6,175%	1,47% 98,53%	4,25% 95,75%
Pt. 3	Feijão Tomate	1,718%	6,205%	1,66% 98,34%	4,80% 95,20%
Pt. 4	Feijão Tomate	1,734%	6,235%	1,86% 98,14%	5,34% 94,66%
Pt. 5	Feijão Tomate	1,749%	6,265%	2,06% 97,94%	5,89% 94,11%
Pt. 6	Feijão Tomate	1,766%	6,295%	2,26% 97,74%	6,43% 93,57%
Pt. 7	Feijão Tomate	1,783%	6,325%	2,46% 97,54%	6,98% 93,02%
Pt. 8	Feijão Tomate	1,800%	6,355%	2,66% 97,34%	7,53% 92,47%
Pt. 9	Feijão Tomate	1,818%	6,385%	2,86% 97,14%	8,07% 91,93%
Pt. 10	Feijão Tomate	1,836%	6,415%	3,07% 96,93%	8,62% 91,38%
Pt. 11	Feijão Tomate	1,85%	6,45%	3,27% 96,73%	9,16% 90,84%
Pt. 12	Feijão Tomate	1,87%	6,48%	3,48% 96,52%	9,71% 90,29%

Fonte: Resultados da pesquisa.

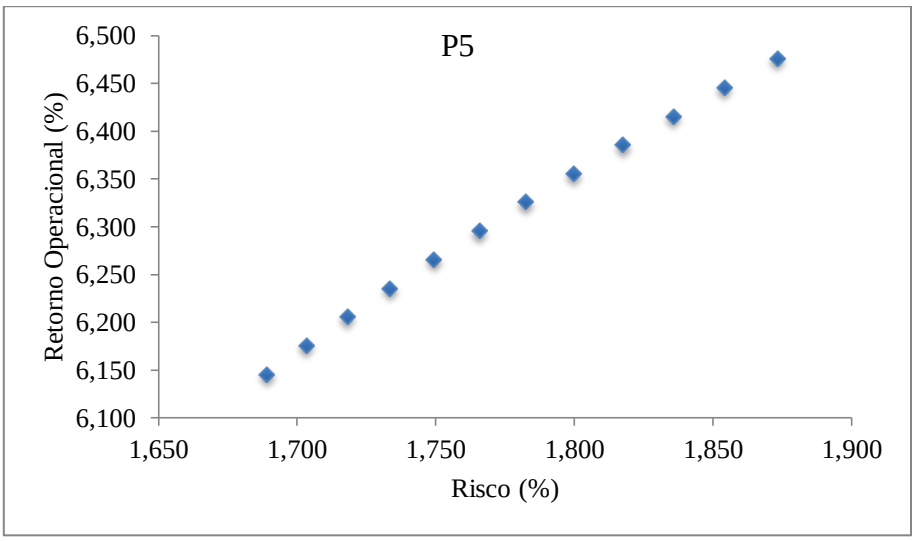

Figura A 4: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 5
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A 5: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 6

Portfólio 6					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Tomate	0,342%	3,330%	57,90%	78,84%
	Bovinocultura de corte			42,10%	21,16%
Pt. 2	Tomate	0,352%	3,360%	56,59%	77,93%
	Bovinocultura de corte			43,41%	22,07%
Pt. 3	Tomate	0,362%	3,390%	55,32%	77,03%
	Bovinocultura de corte			44,68%	22,97%
Pt. 4	Tomate	0,372%	3,420%	54,06%	76,12%
	Bovinocultura de corte			45,94%	23,88%
Pt. 5	Tomate	0,383%	3,450%	52,84%	75,21%
	Bovinocultura de corte			47,16%	24,79%
Pt. 6	Tomate	0,394%	3,480%	51,64%	74,31%
	Bovinocultura de corte			48,36%	25,69%
Pt. 7	Tomate	0,405%	3,510%	50,47%	73,40%
	Bovinocultura de corte			49,53%	26,60%
Pt. 8	Tomate	0,417%	3,540%	49,32%	72,50%
	Bovinocultura de corte			50,68%	27,50%
Pt. 9	Tomate	0,429%	3,570%	48,20%	71,59%
	Bovinocultura de corte			51,80%	28,41%
Pt. 10	Tomate	0,441%	3,600%	47,10%	70,69%
	Bovinocultura de corte			52,90%	29,31%
Pt. 11	Tomate	0,45%	3,63%	46,02%	69,78%
	Bovinocultura de corte			53,98%	30,22%
Pt. 12	Tomate	0,47%	3,66%	44,97%	68,88%
	Bovinocultura de corte			55,03%	31,12%

Fonte: Resultados da pesquisa.

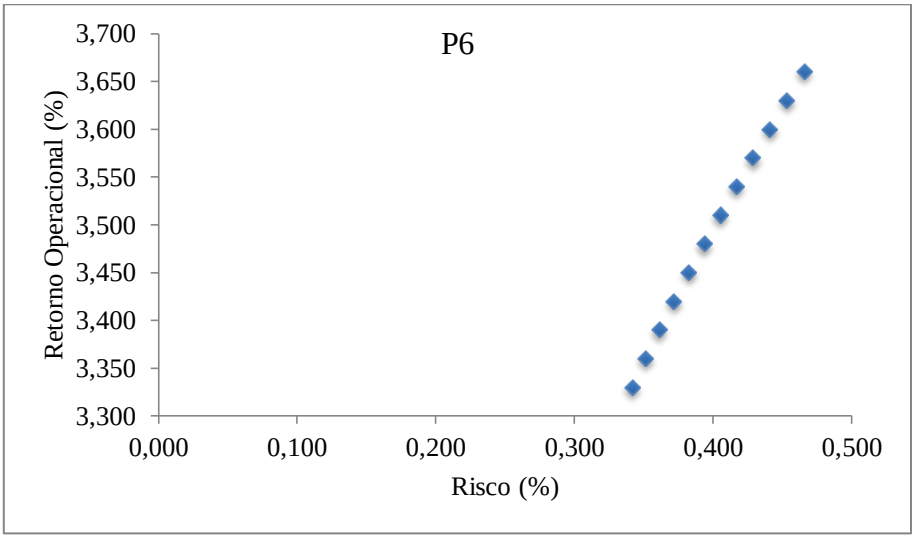

Figura A 5: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 6
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A 6: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 7

Portfólio 7					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Algodão	0,545%	3,225%	10,14%	7,94%
	Bovinocultura de corte			89,86%	92,06%
Pt. 2	Algodão	0,577%	3,305%	11,46%	9,00%
	Bovinocultura de corte			88,54%	91,00%
Pt. 3	Algodão	0,609%	3,385%	12,78%	10,07%
	Bovinocultura de corte			87,22%	89,93%
Pt. 4	Algodão	0,641%	3,465%	14,08%	11,13%
	Bovinocultura de corte			85,92%	88,87%
Pt. 5	Algodão	0,673%	3,545%	15,38%	12,20%
	Bovinocultura de corte			84,62%	87,80%
Pt. 6	Algodão	0,706%	3,625%	16,67%	13,26%
	Bovinocultura de corte			83,33%	86,74%
Pt. 7	Algodão	0,739%	3,705%	17,96%	14,33%
	Bovinocultura de corte			82,04%	85,67%
Pt. 8	Algodão	0,772%	3,785%	19,23%	15,39%
	Bovinocultura de corte			80,77%	84,61%
Pt. 9	Algodão	0,805%	3,865%	20,50%	16,46%
	Bovinocultura de corte			79,50%	83,54%
Pt. 10	Algodão	0,838%	3,945%	21,75%	17,52%
	Bovinocultura de corte			78,25%	82,48%
Pt. 11	Algodão	0,87%	4,02%	23,00%	18,59%
	Bovinocultura de corte			77,00%	81,41%
Pt. 12	Algodão	0,90%	4,10%	24,25%	19,65%
	Bovinocultura de corte			75,75%	80,35%

Fonte: Resultados da pesquisa.

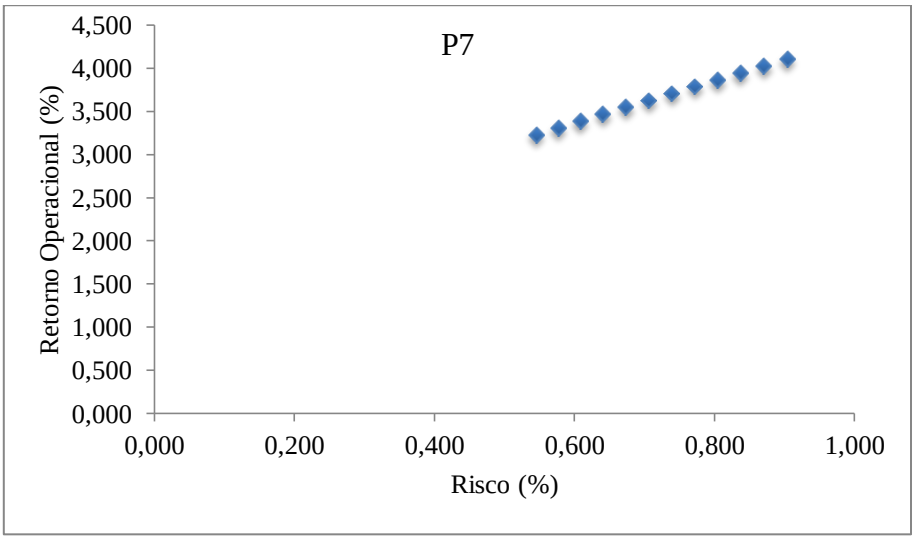

Figura A 6: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 7
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A 7: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 8

Portfólio 8					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Algodão	2,70%	14,77%	39,89%	18,69%
	Milho			30,37%	35,98%
	Soja			29,74%	45,33%
Pt. 2	Algodão	2,70%	14,85%	37,36%	17,09%
	Milho			31,11%	35,98%
	Soja			31,54%	46,93%
Pt. 3	Algodão	2,71%	14,93%	34,70%	15,49%
	Milho			31,88%	35,98%
	Soja			33,42%	48,53%
Pt. 4	Algodão	2,71%	15,01%	31,90%	13,89%
	Milho			32,69%	35,98%
	Soja			35,40%	50,13%
Pt. 5	Algodão	2,72%	15,09%	28,96%	12,29%
	Milho			33,55%	35,98%
	Soja			37,49%	51,74%
Pt. 6	Algodão	2,72%	15,17%	25,87%	10,69%
	Milho			34,45%	35,98%
	Soja			39,68%	53,34%
Pt. 7	Algodão	2,73%	15,25%	22,60%	9,08%
	Milho			35,40%	35,98%
	Soja			42,00%	54,94%
Pt. 8	Algodão	2,74%	15,33%	20,08%	7,94%
	Milho			37,45%	37,43%
	Soja			42,48%	54,64%
Pt. 9	Algodão	2,76%	15,41%	19,85%	7,94%
	Milho			42,10%	42,56%
	Soja			38,05%	49,50%
Pt. 10	Algodão	2,78%	15,49%	19,63%	7,94%
	Milho			46,65%	47,69%
	Soja			33,73%	44,37%
Pt. 11	Algodão	2,81%	15,57%	19,41%	7,94%
	Milho			51,09%	52,82%
	Soja			29,50%	39,24%
Pt. 12	Algodão	2,84%	15,65%	19,20%	7,94%
	Milho			55,44%	57,95%
	Soja			25,36%	34,11%

Fonte: Resultados da pesquisa.

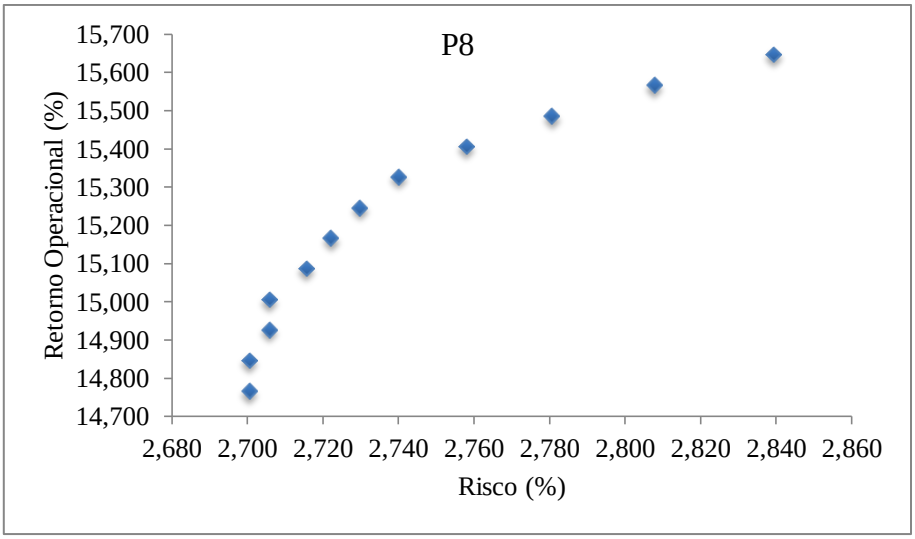

Figura A 7: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 8
Fonte: Resultados da pesquisa.

.Tabela A 8: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 9

Portfólio 9					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Bovinocultura de corte	1,404%	8,419%	73,52%	58,20%
	Milho			23,52%	35,98%
	Soja			2,96%	5,82%
Pt. 2	Bovinocultura de corte	1,409%	8,449%	73,35%	57,96%
	Milho			23,57%	35,98%
	Soja			3,08%	6,06%
Pt. 3	Bovinocultura de corte	1,413%	8,479%	73,18%	57,72%
	Milho			23,61%	35,98%
	Soja			3,21%	6,30%
Pt. 4	Bovinocultura de corte	1,418%	8,509%	73,01%	57,48%
	Milho			23,65%	35,98%
	Soja			3,34%	6,54%
Pt. 5	Bovinocultura de corte	1,423%	8,539%	72,83%	57,24%
	Milho			23,70%	35,98%
	Soja			3,47%	6,78%
Pt. 6	Bovinocultura de corte	1,428%	8,569%	72,66%	57,00%
	Milho			23,74%	35,98%
	Soja			3,60%	7,02%
Pt. 7	Bovinocultura de corte	1,433%	8,599%	72,49%	56,76%
	Milho			23,78%	35,98%
	Soja			3,73%	7,26%
Pt. 8	Bovinocultura de corte	1,437%	8,629%	72,31%	56,52%
	Milho			23,83%	35,98%
	Soja			3,86%	7,50%
Pt. 9	Bovinocultura de corte	1,442%	8,659%	72,14%	56,28%
	Milho			23,87%	35,98%
	Soja			3,99%	7,74%
Pt. 10	Bovinocultura de corte	1,447%	8,689%	71,96%	56,04%
	Milho			23,91%	35,98%
	Soja			4,12%	7,98%
Pt. 11	Bovinocultura de corte	1,452%	8,719%	71,79%	55,80%
	Milho			23,96%	35,98%
	Soja			4,25%	8,22%
Pt. 12	Bovinocultura de corte	1,457%	8,749%	71,61%	55,56%
	Milho			24,00%	35,98%
	Soja			4,39%	8,46%

Fonte: Resultados da pesquisa.

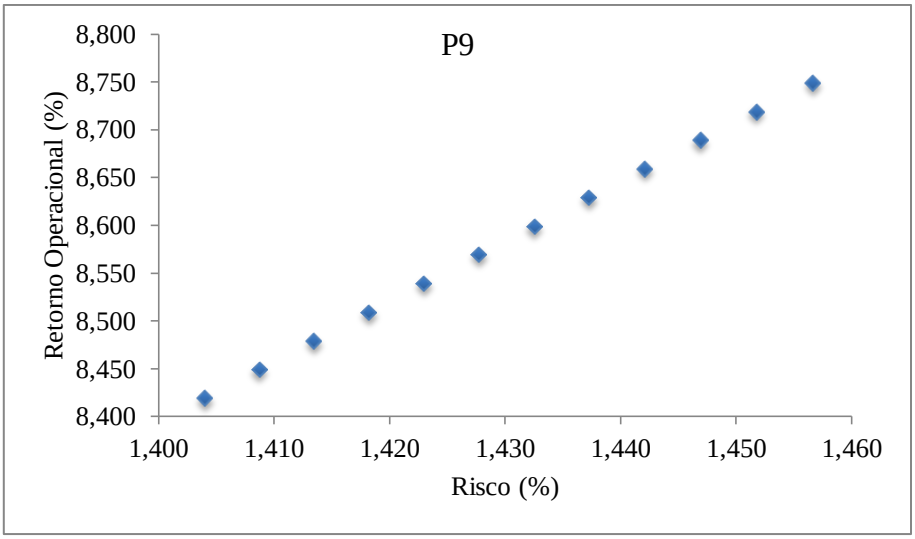

Figura A 8: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 9
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A 9: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 10

Portfólio 10					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Sorgo	1,698%	7,514%	5,31%	22,75%
	Soja			8,58%	15,33%
	Bovinocultura de corte			86,12%	61,92%
Pt. 2	Sorgo	1,699%	7,544%	5,32%	22,75%
	Soja			8,73%	15,57%
	Bovinocultura de corte			85,95%	61,68%
Pt. 3	Sorgo	1,699%	7,574%	5,33%	22,75%
	Soja			8,88%	15,81%
	Bovinocultura de corte			85,79%	61,44%
Pt. 4	Sorgo	1,700%	7,604%	5,34%	22,75%
	Soja			9,03%	16,05%
	Bovinocultura de corte			85,63%	61,20%
Pt. 5	Sorgo	1,700%	7,634%	5,35%	22,75%
	Soja			9,18%	16,29%
	Bovinocultura de corte			85,46%	60,96%
Pt. 6	Sorgo	1,701%	7,664%	5,36%	22,75%
	Soja			9,34%	16,53%
	Bovinocultura de corte			85,30%	60,72%
Pt. 7	Sorgo	1,701%	7,694%	5,37%	22,75%
	Soja			9,49%	16,77%
	Bovinocultura de corte			85,13%	60,48%
Pt. 8	Sorgo	1,702%	7,724%	5,38%	22,75%
	Soja			9,65%	17,01%
	Bovinocultura de corte			84,97%	60,24%
Pt. 9	Sorgo	1,702%	7,754%	5,39%	22,75%
	Soja			9,80%	17,25%
	Bovinocultura de corte			84,80%	60,00%
Pt. 10	Sorgo	1,703%	7,784%	5,41%	22,75%
	Soja			9,96%	17,49%
	Bovinocultura de corte			84,63%	59,76%
Pt. 11	Sorgo	1,703%	7,814%	5,42%	22,75%
	Soja			10,12%	17,73%
	Bovinocultura de corte			84,47%	59,52%
Pt. 12	Sorgo	1,704%	7,844%	5,43%	22,75%
	Soja			10,28%	17,97%
	Bovinocultura de corte			84,30%	59,28%

Fonte: Resultados da pesquisa.

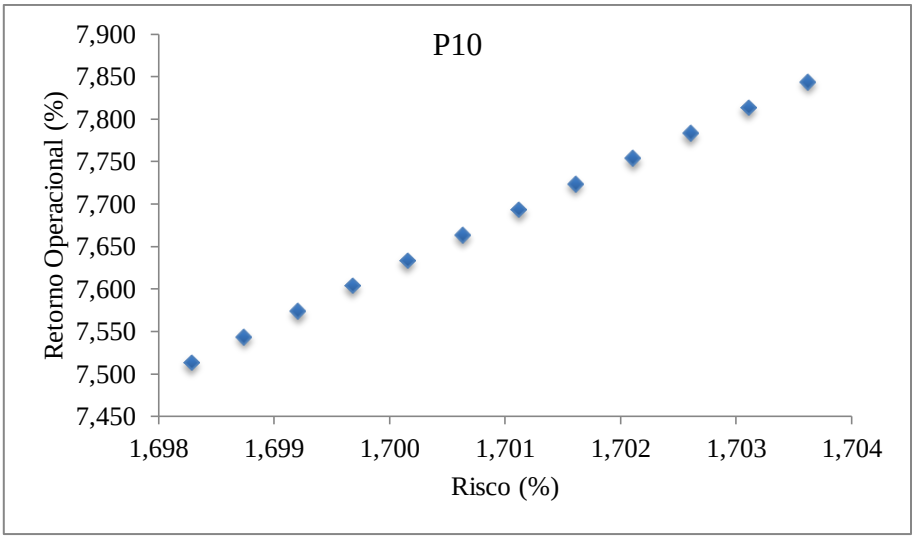

Figura A 9: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 10
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A 10: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 11

Portfólio 11					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Milho	0,816%	3,701%	29,23%	35,98%
	Sorgo			5,99%	22,75%
	Bovinocultura de corte			64,78%	41,27%
Pt. 2	Milho	0,856%	3,709%	62,28%	37,96%
	Sorgo			30,55%	35,98%
	Bovinocultura de corte			7,17%	26,06%
Pt. 3	Milho	0,898%	3,717%	59,53%	34,64%
	Sorgo			32,00%	35,98%
	Bovinocultura de corte			8,47%	29,38%
Pt. 4	Milho	0,943%	3,725%	56,50%	31,32%
	Sorgo			33,60%	35,98%
	Bovinocultura de corte			9,90%	32,70%
Pt. 5	Milho	0,991%	3,733%	53,15%	27,99%
	Sorgo			35,37%	35,98%
	Bovinocultura de corte			11,48%	36,03%
Pt. 6	Milho	1,040%	3,741%	49,44%	24,66%
	Sorgo			37,33%	35,98%
	Bovinocultura de corte			13,23%	39,36%
Pt. 7	Milho	1,091%	3,749%	45,29%	21,34%
	Sorgo			39,52%	35,98%
	Bovinocultura de corte			15,19%	42,68%
Pt. 8	Milho	1,143%	3,757%	40,62%	18,02%
	Sorgo			41,98%	35,98%
	Bovinocultura de corte			17,40%	46,00%
Pt. 9	Milho	1,197%	3,765%	35,33%	14,70%
	Sorgo			44,77%	35,98%
	Bovinocultura de corte			19,89%	49,32%
Pt. 10	Milho	1,251%	3,773%	29,29%	11,37%
	Sorgo			47,96%	35,98%
	Bovinocultura de corte			22,75%	52,65%
Pt. 11	Milho	1,307%	3,781%	22,13%	7,96%
	Sorgo			51,74%	35,98%
	Bovinocultura de corte			26,13%	56,06%
Pt. 12	Milho	1,344%	3,789%	17,01%	5,82%
	Sorgo			54,44%	35,98%
	Bovinocultura de corte			28,54%	58,20%

Fonte: Resultados da pesquisa.

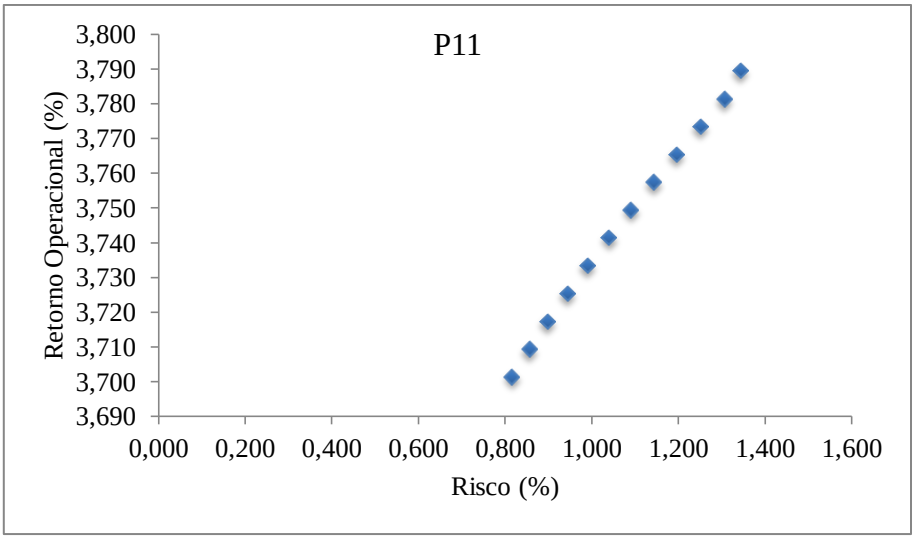

Figura A 10: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 11
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A 11: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 12

Portfólio 12					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Tomate	2,070%	12,561%	79,48%	35,45%
	Sorgo			3,16%	22,75%
	Milho			15,42%	35,98%
	Soja			1,94%	5,82%
Pt. 2	Tomate	2,080%	12,641%	79,01%	34,63%
	Sorgo			3,33%	23,57%
	Milho			15,69%	35,98%
	Soja			1,97%	5,82%
Pt. 3	Tomate	2,091%	12,721%	78,51%	33,81%
	Sorgo			3,51%	24,40%
	Milho			15,97%	35,98%
	Soja			2,01%	5,82%
Pt. 4	Tomate	2,102%	12,801%	78,00%	32,98%
	Sorgo			3,69%	25,22%
	Milho			16,26%	35,98%
	Soja			2,04%	5,82%
Pt. 5	Tomate	2,114%	12,881%	77,47%	32,16%
	Sorgo			3,89%	26,04%
	Milho			16,56%	35,98%
	Soja			2,08%	5,82%
Pt. 6	Tomate	2,125%	12,961%	76,92%	31,34%
	Sorgo			4,08%	26,86%
	Milho			16,88%	35,98%
	Soja			2,12%	5,82%
Pt. 7	Tomate	2,138%	13,041%	76,34%	30,52%
	Sorgo			4,29%	27,68%
	Milho			17,20%	35,98%
	Soja			2,16%	5,82%
Pt. 8	Tomate	2,150%	13,121%	75,75%	29,69%
	Sorgo			4,50%	28,51%
	Milho			17,54%	35,98%
	Soja			2,21%	5,82%
Pt. 9	Tomate	2,164%	13,201%	75,13%	28,87%
	Sorgo			4,73%	29,33%
	Milho			17,89%	35,98%
	Soja			2,25%	5,82%
Pt. 10	Tomate	2,177%	13,281%	74,48%	28,05%
	Sorgo			4,96%	30,15%
	Milho			18,26%	35,98%
	Soja			2,30%	5,82%
Pt. 11	Tomate	2,191%	13,361%	73,81%	27,23%
	Sorgo			5,20%	30,97%
	Milho			18,64%	35,98%
	Soja			2,34%	5,82%

Continuação...

Pt. 12	Tomate	2,205%	13,441%	73,11%	26,41%
	Sorgo			5,45%	31,80%
	Milho			19,04%	35,98%
	Soja			2,39%	5,82%

Fonte: Resultados da pesquisa.

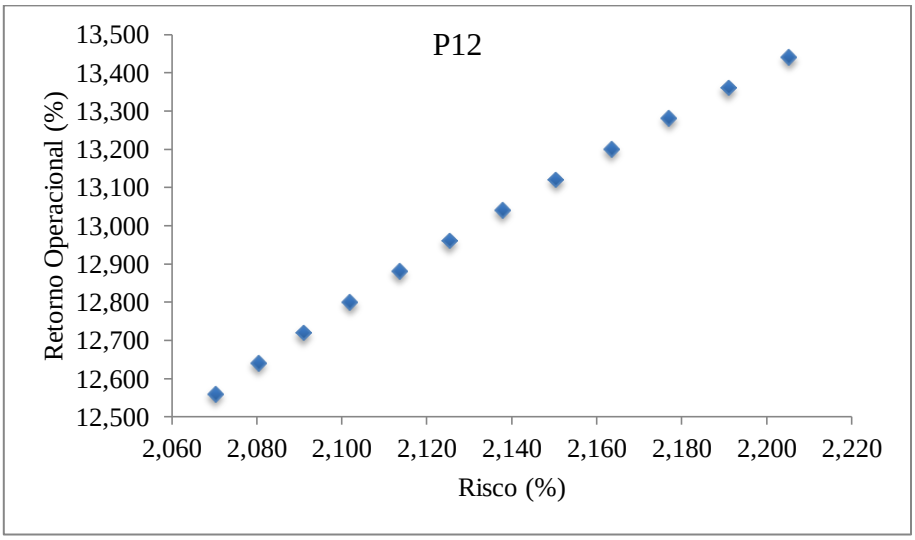

Figura A 11: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 12
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A 12: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 13

Portfólio 13					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Arroz	1,424%	8,432%	16,04%	22,22%
	Milho			27,46%	35,98%
	Soja			3,45%	5,82%
	Bovinocultura de corte			53,05%	35,98%
Pt. 2	Arroz	1,434%	8,512%	22,22%	16,13%
	Milho			35,98%	27,62%
	Soja			6,46%	3,85%
	Bovinocultura de corte			35,34%	52,40%
Pt. 3	Arroz	1,445%	8,592%	16,22%	22,22%
	Milho			27,77%	35,98%
	Soja			4,26%	7,10%
	Bovinocultura de corte			51,75%	34,70%
Pt. 4	Arroz	1,456%	8,672%	16,31%	22,22%
	Milho			27,93%	35,98%
	Soja			4,67%	7,74%
	Bovinocultura de corte			51,09%	34,06%
Pt. 5	Arroz	1,467%	8,752%	16,41%	22,22%
	Milho			28,09%	35,98%
	Soja			5,08%	8,38%
	Bovinocultura de corte			50,42%	33,42%
Pt. 6	Arroz	1,478%	8,832%	16,50%	22,22%
	Milho			28,26%	35,98%
	Soja			5,50%	9,02%
	Bovinocultura de corte			49,74%	32,78%
Pt. 7	Arroz	1,489%	8,912%	16,60%	22,22%
	Milho			28,42%	35,98%
	Soja			5,93%	9,66%
	Bovinocultura de corte			49,05%	32,14%
Pt. 8	Arroz	1,501%	8,992%	16,70%	22,22%
	Milho			28,59%	35,98%
	Soja			6,36%	10,30%
	Bovinocultura de corte			48,36%	31,50%
Pt. 9	Arroz	1,512%	9,072%	16,79%	22,22%
	Milho			28,76%	35,98%
	Soja			6,79%	10,94%
	Bovinocultura de corte			47,66%	30,86%
Pt. 10	Arroz	1,524%	9,152%	16,89%	22,22%
	Milho			28,93%	35,98%
	Soja			7,23%	11,58%
	Bovinocultura de corte			46,95%	30,22%
Pt. 11	Arroz	1,536%	9,232%	16,99%	22,22%
	Milho			29,10%	35,98%
	Soja			7,68%	12,21%
	Bovinocultura de corte			46,23%	29,58%
Pt. 12	Arroz	1,548%	9,312%	17,10%	22,22%
	Milho			29,28%	35,98%
	Soja			8,13%	12,85%
	Bovinocultura de corte			45,50%	28,94%

Fonte: Resultados da pesquisa.

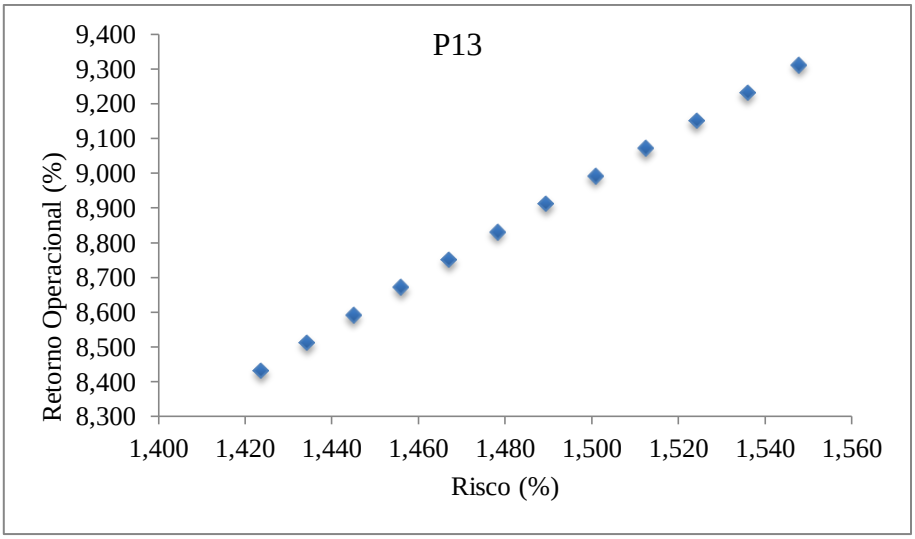

Figura A 12: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 13
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A 13: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 14

Portfólio 14					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Arroz	1,275%	9,229%	16,23%	22,22%
	Milho			27,80%	35,98%
	Soja			3,49%	5,82%
	Feijão			12,27%	9,04%
	Bovinocultura de corte			40,20%	26,93%
Pt. 2	Arroz	1,276%	9,309%	16,23%	22,22%
	Milho			27,80%	35,98%
	Soja			3,49%	5,82%
	Feijão			12,27%	9,04%
	Bovinocultura de corte			40,20%	26,93%
Pt. 3	Arroz	1,281%	9,389%	16,23%	22,22%
	Milho			27,80%	35,98%
	Soja			3,49%	5,82%
	Feijão			12,27%	9,04%
	Bovinocultura de corte			40,20%	26,93%
Pt. 4	Arroz	1,289%	9,469%	0,60%	22,22%
	Milho			6,01%	35,98%
	Soja			0,88%	5,82%
	Feijão			1,35%	9,04%
	Bovinocultura de corte			0,64%	26,93%
Pt. 5	Arroz	1,300%	9,549%	16,23%	22,22%
	Milho			27,80%	35,98%
	Soja			3,49%	5,82%
	Feijão			12,27%	9,04%
	Bovinocultura de corte			40,20%	26,93%
Pt. 6	Arroz	1,312%	9,629%	16,23%	22,22%
	Milho			27,80%	35,98%
	Soja			3,49%	5,82%
	Feijão			12,27%	9,04%
	Bovinocultura de corte			40,20%	26,93%
Pt. 7	Arroz	1,323%	9,709%	16,23%	22,22%
	Milho			27,80%	35,98%
	Soja			3,49%	5,82%
	Feijão			12,27%	9,04%
	Bovinocultura de corte			40,20%	26,93%
Pt. 8	Arroz	1,335%	9,789%	16,23%	22,22%
	Milho			27,80%	35,98%
	Soja			3,49%	5,82%
	Feijão			12,27%	9,04%
	Bovinocultura de corte			40,20%	26,93%
Pt. 9	Arroz	1,347%	9,869%	16,23%	22,22%
	Milho			27,80%	35,98%
	Soja			3,49%	5,82%
	Feijão			12,27%	9,04%

	Bovinocultura de corte			40,20%	26,93%
Pt. 10	Continuação...				
	Arroz			16,23%	22,22%
	Milho	1,359%	9,949%	27,80%	35,98%
	Soja			3,49%	5,82%
	Feijão			12,27%	9,04%
	Bovinocultura de corte			40,20%	26,93%
Pt. 11	Arroz			16,23%	22,22%
	Milho			27,80%	35,98%
	Soja	1,371%	10,029%	3,49%	5,82%
	Feijão			12,27%	9,04%
	Bovinocultura de corte			40,20%	26,93%
Pt. 12	Arroz			16,23%	22,22%
	Milho			27,80%	35,98%
	Soja	1,383%	10,109%	3,49%	5,82%
	Feijão			12,27%	9,04%
	Bovinocultura de corte			40,20%	26,93%

Fonte: Resultados da pesquisa.

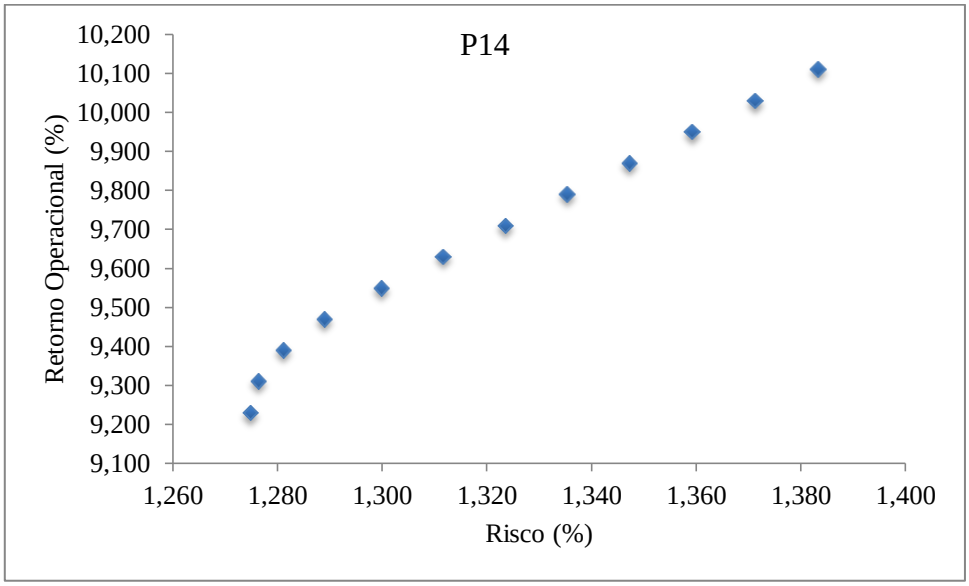

Figura A 13: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 14
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A 14: Combinações de risco e retorno operacional que formam a fronteira eficiente do Portfólio 15

Portfólio 15					
Ponto	Atividades	Risco	Re. Operacional	Capital	Área
Pt. 1	Arroz	1,290%	9,656%	10,52%	22,22%
	Milho			18,01%	35,98%
	Soja			2,26%	5,82%
	Feijão			5,21%	5,93%
	Tomate			55,41%	21,16%
	Bovinocultura de corte			8,59%	8,89%
Pt. 2	Arroz	1,290%	9,656%	10,52%	22,22%
	Milho			18,01%	35,98%
	Soja			2,26%	5,82%
	Feijão			5,61%	6,38%
	Tomate			55,44%	21,16%
	Bovinocultura de corte			8,15%	8,43%
Pt. 3	Arroz	1,290%	9,656%	10,52%	22,22%
	Milho			18,02%	35,98%
	Soja			2,27%	5,82%
	Feijão			6,01%	6,84%
	Tomate			55,46%	21,16%
	Bovinocultura de corte			7,72%	7,98%
Pt. 4	Arroz	1,290%	9,656%	10,53%	22,22%
	Milho			18,03%	35,98%
	Soja			2,27%	5,82%
	Feijão			6,42%	7,29%
	Tomate			55,48%	21,16%
	Bovinocultura de corte			7,28%	7,52%
Pt. 5	Arroz	1,290%	9,656%	10,53%	22,22%
	Milho			18,03%	35,98%
	Soja			2,27%	5,82%
	Feijão			6,82%	7,75%
	Tomate			55,50%	21,16%
	Bovinocultura de corte			6,85%	7,07%
Pt. 6	Arroz	1,290%	9,656%	10,54%	22,22%
	Milho			18,04%	35,98%
	Soja			2,27%	5,82%
	Feijão			7,22%	8,20%
	Tomate			55,53%	21,16%
	Bovinocultura de corte			6,41%	6,62%
Pt. 7	Arroz	1,290%	9,656%	10,46%	22,22%
	Milho			17,90%	35,98%
	Soja			2,25%	5,82%
	Feijão			7,41%	8,47%
	Tomate			56,35%	21,64%
	Bovinocultura de corte			5,64%	5,86%

	Continuação...				
Pt. 8	Arroz	1,290%	9,656%	10,55%	22,22%
	Milho			18,16%	36,17%
	Soja			2,27%	5,82%
	Feijão			7,77%	8,81%
	Tomate			55,60%	21,16%
	Bovinocultura de corte			5,65%	5,82%
Pt. 9	Arroz	1,290%	9,656%	10,58%	22,22%
	Milho			18,60%	36,93%
	Soja			2,28%	5,82%
	Feijão			7,12%	8,05%
	Tomate			55,77%	21,16%
	Bovinocultura de corte			5,66%	5,82%
Pt. 10	Arroz	1,290%	9,656%	10,61%	22,22%
	Milho			19,04%	37,69%
	Soja			2,28%	5,82%
	Feijão			6,46%	7,29%
	Tomate			55,93%	21,16%
	Bovinocultura de corte			5,68%	5,82%
Pt. 11	Arroz	1,290%	9,656%	10,64%	22,22%
	Milho			19,48%	38,45%
	Soja			2,29%	5,82%
	Feijão			5,80%	6,52%
	Tomate			56,09%	21,16%
	Bovinocultura de corte			5,70%	5,82%
Pt. 12	Arroz	1,290%	9,656%	10,67%	22,22%
	Milho			19,92%	39,21%
	Soja			2,30%	5,82%
	Feijão			5,14%	5,76%
	Tomate			56,25%	21,16%
	Bovinocultura de corte			5,71%	5,82%

Fonte: Resultados da pesquisa.

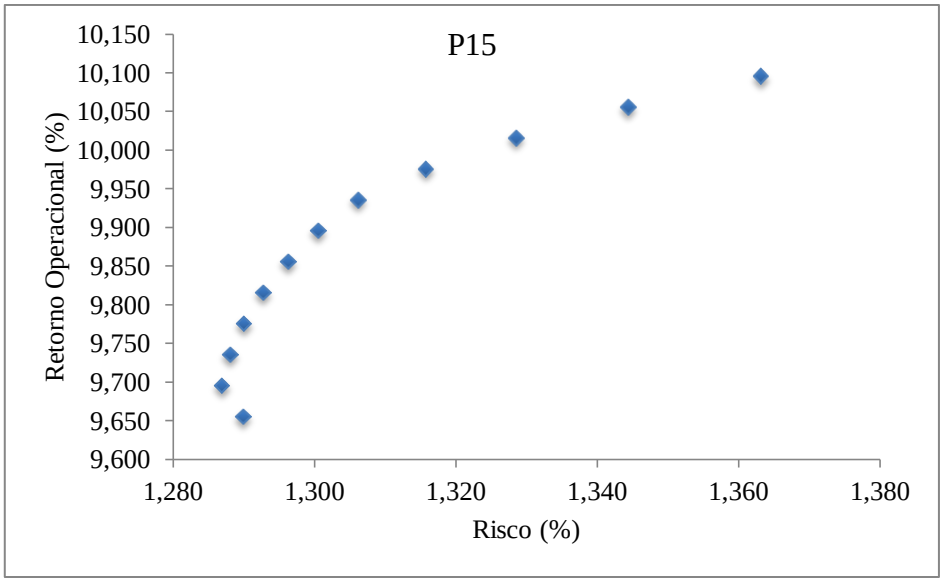

Figura A 14: Fronteira eficiente referente ao Portfólio 15
Fonte: Resultados da pesquisa.

9. ANEXO

1 - Receita Bruta							
Descrição da Receita			R$/ha		R$/ Sc		
a) Venda do Produto			R$ 2.500,00		R$ 50,00		
2 - Custo Operacional Efetivo							
Descrição do Custo	Quant.	Unid.	Valor Unit.		Valor de Uso	Perc (%)	Comp. (%)*
I - Despesas de Custeio do Pré-Plantio							
a) Operação com Máquinas*							
a.1) Aplicação de Calcário e Gesso Agrícola							
Trator 85hp + Calcariador	0,4	H/M	R$	51,65	R$ 20,66	1,13%	0,00%
a.2) Dessecação							
Trator 85hp + Pulverizador 2000Lts	0,4	H/M	R$	51,06	R$ 20,43	1,11%	0,00%
b) Mão-de-obra Permanente**							
Auxiliar de Aplicação de Calcário e Gesso	0,1	D/H	R$	5,45	R$ 0,55	0,03%	0,00%
Auxiliar de pulverização	0,05	D/H	R$	5,45	R$ 0,27	0,01%	0,00%
c) Calcário e Gesso Agrícola							
Calcário	0,5	Ton	R$	55,00	R$ 27,50	1,50%	0,00%
Gesso	0,3	Ton	R$	77,50	R$ 23,25	1,27%	0,00%
d) Dessecante							
Roundup Original	2,0	Ltr	R$	10,48	R$ 20,96	1,14%	2,75%
2,4-D	0,5	Ltr	R$	10,80	R$ 5,40	0,29%	0,84%
Endosulfam	1,5	Ltr	R$	22,23	R$ 33,35	1,82%	0,82%
TOTAL DE CUSTEIO DO PRÉ PLANTIO					R$ 152,36	8,31%	0,58%
II - Despesas de Plantio							
a) Operação com Máquinas*							
a.1) Plantio							
Trator 120 hp + Plantadeira de Soja 9 linhas	0,5	H/M	R$	115,09	R$ 57,55	3,14%	0,00%
b) Mão-de-obra Permanente**							
2 Auxiliares no Tratamento de Semente	0,01	D/H	R$	5,45	R$ 0,05	0,00%	0,00%
2 Auxiliares de Plantio	0,2	D/H	R$	5,45	R$ 1,09	0,06%	0,00%
c) Fertilizante							
Formulado 4-30-16 + 3%FTE	0,3	Ton	R$	1.340,20	R$ 402,06	21,93%	7,99%
d) Semente							
Conquista	60	Kg	R$	1,90	R$ 114,00	6,22%	0,00%
e) Inoculante							
Cell Tech	1	Dose	R$	2,15	R$ 2,15	0,12%	0,00%
f) Defensivo para Tratar Semente							
Maxin XL	0,06	Ltr	R$	68,80	R$ 4,13	0,23%	0,81%
Cruiser TS 350	0,06	Ltr	R$	306,95	R$ 18,42	1,00%	0,80%
TOTAL DE CUSTEIO DO PLANTIO					R$ 599,45	32,70%	5,26%
III - Despesas de Condução da Lavoura							
a) Operação com Máquinas*							
a.1) Aplicação de Defensivo							
6xTrator 85hp + Pulverizador 2000Lts	2,4	H/M	R$	51,06	R$ 122,55	6,68%	0,00%
b) Defensivo							
Cobra	0,75	Kg	R$	26,46	R$ 19,85	1,08%	0,80%
Clorimuron	0,08	Kg	R$	15,14	R$ 1,21	0,07%	0,93%
Verdict R	0,5	Ltr	R$	42,34	R$ 21,17	1,15%	0,81%
Acefato	1	Kg	R$	19,59	R$ 19,59	1,07%	0,82%
2xPriori Extra	0,6	Ltr	R$	86,58	R$ 51,95	2,83%	0,80%
2xNimbus	2	Ltr	R$	8,26	R$ 16,52	0,90%	0,85%
Nomolt 150	0,05	Ltr	R$	81,50	R$ 4,08	0,22%	0,80%
2xCercobin 700 SC	0,8	Ltr	R$	29,05	R$ 23,24	1,27%	0,80%
Engeo Pleno	0,2	Ltr	R$	87,32	R$ 17,46	0,95%	0,80%
c) Mão-de-obra Permanente**							
6xAuxiliares de Pulverização	0,3	DH	R$	5,45	R$ 1,64	0,09%	0,00%
TOTAL DE CUSTEIO DA CONDUÇÃO DA LAVOURA					R$ 299,25	16,32%	0,47%
IV) - Despesas de Colheita							
a) Operação com Máquinas*							
a.1) Colheita							
Colheitadeira	1	H/M	R$	104,44	R$ 104,44	5,70%	0,00%
Trator 85 hp + Bazuca	0,5	H/M	R$	59,13	R$ 29,56	1,61%	0,00%
b) Mão-de-obra Permanente**							

Continuação...

2 Auxiliares de Colheita	0,15	D/H	R$	5,45	R$	0,82	0,04%	0,00%
TOTAL DE CUSTEIO DA COLHEITA					R$	134,82	7,35%	0,00%
V) Despesas Pós Colheita								
a) Aluguel de Maquinas								
a.1) Caminhão "Truck"								
Carreta Graneleira[1]	50	SC	R$	0,60	R$	30,00	1,64%	0,00%
TOTAL DE CUSTEIO DA COLHEITA					R$	30,00	1,64%	0,00%
VI) Despesas Financeiras								
a) Seguro Agrícola (6% do premio) [2]	6	%	R$	437,50	R$	26,25	1,43%	5,26%
b) Juros (25% da custo) [3]	6,75	%	R$	325,40	R$	21,96	1,20%	5,34%
c) Impostos e taxas	2,3	%	R$	2.500,00	R$	57,50	3,14%	5,26%
a) Encargos Sociais[4]	0,81	H/D	R$	21,65	R$	17,53	1,18%	0,00%
TOTAL DE CUSTEIO DAS DESPESAS FINANCEIRAS					R$	123,25	6,72%	4,49%
TOTAL DE CUSTOS OPERACIONAL EFETIVO					R$	1.339,12	73,05%	2,88%
					R$	26,78	Sacas	2,88%
3 - Custo Operacional Total								
Custo Operacional Efetivo					R$	1.339,12		
VII) Depreciação								
a) Depreciação de maquinas e implementos					R$	142,15	7,75%	0,00%
TOTAL DE CUSTOS OPERACIONAL TOTAL					R$	1.481,26	80,80%	2,60%
					R$	29,63	Sacas	2,60%
4 - Custo da Renda de Fatores Fixos								
Custo Operacional Total					R$	1.481,26		
IX) Renda de Fatores Fixos								
a) Remuneração esperada sobre capital fixo	4	%	R$	3.924,75	R$	156,99	8,56%	0,00%
b) Terra	3	%	R$	6.500,00	R$	195,00	10,64%	0,00%
CUSTOS TOTAL					R$	1.833,25	100%	2,09%
					R$	36,67	Sacas	2,09%

Anexo 1: Custo de produção de um hectare de soja no Estado de Goiás – Maio de 2012

Fonte: Faeg, 2012.